

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE SÃO PAULO
CÂMPUS VOTUPORANGA

MAX ALEXANDRE PÁDUA DE QUEIROZ

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE TERMODINÂMICA BASEADA EM
EXPERIMENTOS UTILIZANDO MATERIAIS DE BAIXO CUSTO E FÁCIL ACESSO**

VOTUPORANGA

2023

MAX ALEXANDRE PÁDUA DE QUEIROZ

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE TERMODINÂMICA BASEADA EM
EXPERIMENTOS UTILIZANDO MATERIAIS DE BAIXO CUSTO E FÁCIL ACESSO**

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido como requisito parcial para a
obtenção do diploma de Licenciatura em
Física no Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia, Câmpus
Votuporanga.

Professor Orientador: Doutor Alexandre
Melo de Oliveira.

Votuporanga
2023

FICHA CATALOGRÁFICA

Q3s Queiroz, Max Alexandre Padua de
Sequência didática para o ensino de termodinâmica baseada em experimentos utilizando materiais de baixo custo e fácil acesso / Max Alexandre Padua de Queiroz - Votuporanga: IFSP, 2023.
78 p. : il. color.; 29,8 cm.
Bibliografia: p. 55 - 59

Orientador: Alexandre Melo de Oliveira
Trabalho de Conclusão de Curso (Física) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, 2023.

1. Ensino 2. Didática 3. Termodinâmica 4. Física
I. Título

CDD – 530.07

Max Alexandre Pádua de Queiroz

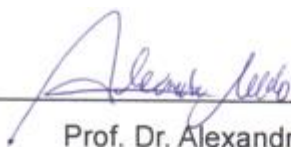
**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE TERMODINÂMICA BASEADA EM
EXPERIMENTOS UTILIZANDO MATERIAIS DE BAIXO CUSTO E FÁCIL ACESSO**

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido como requisito parcial para a
obtenção do diploma de Licenciatura em
Física no Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia, Câmpus
Votuporanga.

Professor Orientador: Dr. Alexandre Melo
de Oliveira.

Aprovado pela banca examinadora em 09 de novembro de 2023.

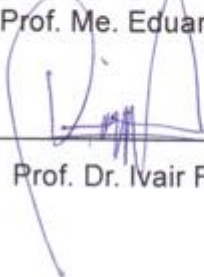
BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Alexandre Melo de Oliveira



Prof. Me. Eduardo Rogério Gonçalves



Prof. Dr. Ivair Fernandes de Amorim

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Maurilio e Quéli, que nunca mediram esforços para que eu concluísse com êxito meus estudos, dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

A todos os professores e servidores do IFSP Câmpus Votuporanga, que, direta ou indiretamente, contribuíram para a conclusão deste trabalho.

À minha família, que me deu todo o apoio necessário para que eu chegasse até aqui.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Alexandre Melo de Oliveira, que me ajudou a solucionar as dificuldades encontradas no decorrer do processo de elaboração deste trabalho e me mostrou o percurso mais adequado.

Ao Prof. Me. Eduardo Rogério Gonçalves e ao Prof. Dr. Ivair Fernandes Amorim que, gentilmente, aceitaram compor a banca de qualificação e de defesa pública desta pesquisa.

Ao Professor Dr. Eduardo César Catanozi, que acompanhou a elaboração deste trabalho, auxiliando na revisão de texto.

RESUMO

O presente estudo aborda uma sequência didática destinada ao ensino da Termodinâmica, fundamentada na utilização de experimentos que empregam materiais de baixo custo e fácil acesso, com o intuito de avaliar o impacto do ensino investigativo baseado em experimentação no processo de aprendizagem dos estudantes. Além disso, busca-se a compreensão dos conceitos físicos inerentes à Termodinâmica por meio de experimentos de baixo custo e fácil acesso, bem como a promoção do desenvolvimento de habilidades manuais e o estímulo ao trabalho em equipe. A pesquisa compreendeu a realização de nove experimentos em uma instituição de ensino estadual em Iturama, Minas Gerais, todos centrados no tema da Termodinâmica. Após a execução de cada experimento, os discentes foram submetidos a questionários, cujas respostas foram posteriormente coletadas, compiladas e submetidas a análise. Os resultados obtidos revelaram que os estudantes demonstraram um substancial entendimento da sequência didática proposta, expressaram satisfação em relação às atividades realizadas e, de maneira notável, os discentes que presenciaram a condução dos experimentos apresentaram desempenho superior àqueles que não tiveram essa oportunidade. Portanto, a presente pesquisa conclui que a sequência didática desenvolvida exerceu um papel crucial no aprimoramento do desempenho dos alunos nas avaliações.

Palavras-chave: ensino; sequência didática; termodinâmica; experimentos.

ABSTRACT

The present study addresses a didactic sequence aimed at teaching Thermodynamics, based on the use of experiments employing low-cost and readily available materials, with the purpose of assessing the impact of inquiry-based teaching through experimentation on students' learning process. Additionally, it aims to enhance the understanding of the physical concepts inherent to Thermodynamics through low-cost and accessible experiments, as well as promoting manual skills development and teamwork encouragement. The research encompassed the execution of nine experiments at a state educational institution in Iturama, Minas Gerais. All experiments focused on the topic of Thermodynamics. After each experiment's execution, the students were subjected to questionnaires, whose responses were subsequently collected, compiled, and subjected to analysis. The results obtained revealed that the students demonstrated a substantial understanding of the proposed didactic sequence, expressed satisfaction with the activities performed, and notably, the students who witnessed the conduction of the experiments outperformed those who did not have this opportunity. Therefore, this research concludes that the developed didactic sequence played a crucial role in improving the students' performance in assessments.

Keywords: teaching; didactic sequence; thermodynamics; experiments.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
PCNs	Parâmetros Curriculares Nacionais
PET	Polietileno Tereftalato

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Quantitativo de alunos que participaram do trabalho.....	30
Figura 2 – Bexiga cheia de água.....	32
Figura 3 – Uma colher de cabo de madeira e uma colher de cabo de metal dentro da cafeteira	34
Figura 4 – Álcool em gel e água nas mãos	35
Figura 5 – Demonstração do experimento.....	37
Figura 6 – Demonstração do experimento.....	38
Figura 7 – Blusa de lã e papel alumínio	39
Figura 8 – Montagem do sexto experimento.....	41
Figura 9 – Vela, presilhas metálicas e haste metálica	44
Figura 10 – Garrafas com corantes	46
Figura 11 – Placas de Zinco	48
Figura 12 – Percentual de acertos das questões	51

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	Síntese do Cenário Atual do Ensino de Física no Brasil.....	14
2.1	Dificuldades do Ensino de Física	15
2.2	O Ensino Investigativo no Ensino de Física: Uma possibilidade	16
3	Contribuição de atividades experimentais para o ensino de Termodinâmica	18
3.1	Benefícios de atividades experimentais no Ensino de Termodinâmica	19
3.1.1	Concretização dos Conceitos Abstratos	19
3.1.2	Desenvolvimento de Habilidades Práticas.....	19
3.1.3	Estímulo ao Pensamento Crítico	19
3.1.4	Evidências Científicas da Eficácia dos Experimentos.....	20
3.2	Correlação entre a Aplicação de Experimentos de Termodinâmica e os Impactos Positivos no Processo de Ensino da Física	20
3.3	Sequência Didática e o Ensino de Termodinâmica	24
4	ANÁLISE DE EXPERIMENTOS CONDUZIDOS NA ESCOLA.....	28
4.1	Caracterização da escola.....	28
4.2	Experimentos da sequência didática.....	29
4.3	Metodologia Empregada na Condução dos Experimentos	31
4.3.1	Descrição dos experimentos realizados	31
4.3.1.1	Experimento 1: Balão que não explode	31
4.3.1.1.1	Materiais utilizados.....	31
4.3.1.1.2	Procedimentos	32
4.3.1.1.3	Explicação Física	32
4.3.1.2	Experimento 2: Condutividade térmica	33
4.3.1.2.1	Materiais utilizados.....	33
4.3.1.2.2	Procedimentos	34
4.3.1.2.3	Explicação Física	34
4.3.1.3	Experimento 3: Evaporação da água e do álcool em gel	35
4.3.1.3.1	Materiais utilizados.....	35
4.3.1.3.2	Procedimentos	35
4.3.1.3.3	Explicação Física	35

4.3.1.4	Experimento 4: Bacias com água.....	36
4.3.1.4.1	Materiais utilizados.....	37
4.3.1.4.2	Procedimentos	37
4.3.1.4.3	Explicação Física	38
4.3.1.5	Experimento 5: Cubos de gelo	39
4.3.1.5.1	Materiais utilizados.....	39
4.3.1.5.2	Procedimentos	39
4.3.1.5.3	Explicação Física	39
4.3.1.6	Experimento 6: Dilatação do ar	40
4.3.1.6.1	Materiais utilizados.....	41
4.3.1.6.2	Procedimentos	41
4.3.1.6.3	Explicação Física	42
4.3.1.7	Experimento 7: Condução térmica em metais.....	42
4.3.1.7.1	Materiais utilizados.....	42
4.3.1.7.2	Procedimentos	43
4.3.1.7.3	Explicação Física	44
4.3.1.8	Experimento 8: Propagação de calor nos fluidos (convecção).....	45
4.3.1.8.1	Materiais utilizados.....	45
4.3.1.8.2	Procedimentos	45
4.3.1.8.3	Explicação Física	46
4.3.1.9	Experimento 9: Absorção de calor por radiação	47
4.3.1.9.1	Materiais utilizados.....	47
4.3.1.9.2	Procedimentos	47
4.3.1.9.3	Explicação Física	48
4.4	Análise das respostas dos estudantes e discussão	48
4.5	Avaliação diagnóstica final	50
5	Considerações finais.....	53
	REFERÊNCIAS.....	55
	APÊNDICES.....	60

1 INTRODUÇÃO

A Termodinâmica é uma área fundamental da Física que estuda as relações entre temperatura, energia e trabalho. Ela descreve como a energia se transforma e é transmitida em sistemas físicos, desde pequenas partículas até grandes sistemas como motores e usinas de energia. No entanto, o ensino dessa disciplina, muitas vezes, pode ser desafiador, principalmente devido à complexidade dos conceitos e à falta de recursos disponíveis nas escolas.

Uma abordagem eficaz para tornar o ensino da Termodinâmica mais acessível e envolvente é utilizar sequências didáticas que incluam experimentos de baixo custo e fácil acesso. Esses experimentos proporcionam aos alunos a oportunidade de explorar conceitos teóricos por meio de atividades práticas, estimulando o pensamento crítico, a investigação e a descoberta dos fenômenos físicos (Brasil, 1997).

Neste trabalho, será analisado a metodologia de ensino utilizada predominantemente pelos professores de Física, os pontos fortes desta metodologia e os que precisam de aprimoramentos. Além disso, será abordado os benefícios para os alunos que participaram da sequência didática. Esses experimentos permitem que os alunos observem os conceitos físicos de Termodinâmica, como a transferência de calor, as mudanças de temperatura e os processos de dilatação térmica.

Ao utilizar experimentos de baixo custo e fácil acesso, é possível criar uma sequência didática que utiliza materiais simples e acessíveis, como garrafas de plástico, seringas, água, termômetros e outros objetos encontrados facilmente em casa ou na escola.

No primeiro capítulo, será conduzida uma análise concisa do ensino de Física, com o objetivo de examinar tanto os aspectos favoráveis quanto os desafios inerentes ao processo de ensino desta disciplina. Serão contemplados os métodos pedagógicos predominantemente utilizados pelos professores, bem como a exploração de critérios de ensino recomendados por especialistas na área. Adicionalmente, em relação ao ensino de Física, serão abordados os pontos específicos que apresentam oportunidades de aprimoramento, a síntese do cenário atual no Brasil, as dificuldades e o ensino investigativo.

No segundo capítulo, será exposta uma análise sobre a aplicação de experimentos de Termodinâmica no ensino da Física. O propósito é identificar as

vantagens inerentes à incorporação de sequências didáticas e experimentos no ambiente da sala de aula e compreender como esses elementos contribuem para a criação de atividades mais abrangentes e dinâmicas no contexto do ensino de Física.

No terceiro capítulo deste estudo, será apresentada a caracterização da Escola Estadual localizada em Iturama, Minas Gerais, e serão discutidos os nove experimentos realizados nesse ambiente educacional. Será abordada a metodologia empregada na condução dos experimentos, detalhando a descrição de cada experimento, a análise das respostas fornecidas pelos estudantes e a avaliação do desempenho dos alunos na prova diagnóstica final. O propósito deste capítulo é investigar e avaliar o impacto dessas atividades específicas no processo de ensino-aprendizagem da disciplina de Física.

Nas considerações finais, serão destacadas as principais deficiências e aspectos positivos identificados no ensino de Física, assim como as vantagens inerentes à implementação de sequências didáticas e experimentos no contexto da sala de aula. Serão também apresentadas as contribuições derivadas dos experimentos realizados na Escola Estadual em Iturama, Minas Gerais, para o progresso dos estudantes. Além disso, será discutido o fato de que a realização de experimentos com a utilização de materiais de baixo custo e fácil acesso pode ser viável mesmo em instituições desprovidas de laboratórios adequados.

2 SÍNTESE DO CENÁRIO ATUAL DO ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL

O ensino de Física desempenha um papel crucial na formação de cidadãos críticos e em todas as pessoas que buscam conhecimentos em Física. O panorama atual do ensino de Física no Brasil apresenta desafios significativos que afetam a qualidade da educação nessa disciplina e, conseqüentemente, a capacidade do país de competir, globalmente, em pesquisa e inovação.

A formação inicial dos professores em Física que acontece quando é concluído o curso de graduação de Licenciatura em Física e, temos a formação continuada dos professores em Física que ocorre no momento em que é concluído o curso de Pós-graduação em Física. A Pós-graduação em Física se divide em *Stricto Sensu* que são os cursos de Mestrado e Doutorado em Física, e *Lato Sensu* que são os cursos de especialização em Física.

Um dos desafios mais urgentes no ensino de Física é a formação de professores. Muitos docentes não possuem graduação na área de Física, o que impacta, negativamente, a qualidade do ensino (Freire Junior, 2016). A formação inicial e continuada de professores é essencial para melhorar a qualidade do ensino de Física no Brasil (Valente, 2017).

Dessa maneira, além da formação de professores, outro desafio no ensino de Física é o currículo de Física no país, que muitas vezes, não está alinhado com os avanços científicos recentes e não reflete as demandas da sociedade e do mundo do trabalho (Lima *et al.*, 2015). A revisão curricular é necessária para tornar o ensino de Física mais relevante e em consonância com o século XXI (Kawamura, 2018).

Desse modo, além da formação de professores e do currículo, outro desafio no ensino de Física é a falta de recursos, como laboratórios bem equipados, e a falta de estratégias pedagógicas inovadoras, pois a falta destes elementos pode prejudicar a compreensão dos conceitos de Física pelos alunos (Barbosa *et al.*, 2019). O uso de tecnologia e abordagens interativas pode tornar o ensino de Física mais envolvente e eficaz (Nobre *et al.*, 2019).

Portanto, de acordo com minha análise, considero que o cenário atual do ensino de Física no Brasil é desafiador, mas oferece oportunidades para melhorias significativas. O foco na formação de professores, a atualização curricular, a incorporação de recursos tecnológicos e a promoção da pesquisa científica são caminhos a serem explorados para elevar a qualidade da educação em Física no país.

2.1 Dificuldades do Ensino de Física

Além dos desafios mencionados anteriormente, o ensino de Física no Brasil enfrenta diversas dificuldades que contribuem para a complexidade dessa conjuntura. Alguns desses desafios incluem:

- **Desinteresse dos alunos:** Muitos estudantes enfrentam dificuldades em se motivar com o conteúdo de Física, visto que as abordagens tradicionais, frequentemente, não conseguem despertar seu interesse (Pozo *et al.*, 2006). As metodologias em Física devem buscar formas de tornar os conceitos mais acessíveis e atrativos, relacionando-os a situações do cotidiano dos alunos.
- **Falta de continuidade curricular:** Em muitas escolas, o ensino de Física é fragmentado, não seguindo uma sequência lógica e coerente ao longo dos anos de estudo. Essa falta de continuidade pode dificultar a compreensão dos alunos e o desenvolvimento de habilidades aprofundadas (Lima *et al.*, 2015).
- **Acesso limitado a recursos tecnológicos:** Embora a tecnologia possa desempenhar um papel importante no ensino de Física, muitas escolas no Brasil ainda enfrentam limitações de acesso a recursos tecnológicos adequados, o que prejudica a implementação de abordagens mais interativas e modernas (Nobre *et al.*, 2019).
- **Falta de capacitação docente:** A capacitação dos professores para lidar com abordagens pedagógicas inovadoras e tecnológicas é fundamental, mas nem sempre é uma realidade nas escolas brasileiras. A formação continuada dos educadores é essencial para que eles se sintam confiantes e capazes de implementar mudanças eficazes em suas práticas (Freire Junior, 2016).
- **Desafios socioeconômicos:** O contexto socioeconômico dos estudantes também pode influenciar, significativamente, o desempenho no ensino de Física. Alunos que enfrentam dificuldades socioeconômicas podem ter menos acesso a oportunidades de aprendizado e recursos educacionais adicionais (Kawamura, 2018).

Apesar dos desafios existentes, acredito que, com base na minha análise, existem perspectivas promissoras para aprimorar o ensino de Física no Brasil. Investimentos na capacitação dos professores, revisão do currículo, adoção de tecnologia e incentivo à pesquisa podem revitalizar essa disciplina e melhor preparar os alunos para enfrentar os desafios do século XXI.

2.2 O Ensino Investigativo no Ensino de Física: Uma possibilidade

O ensino de Física tem sido objeto de discussão e reforma ao longo dos anos devido ao seu potencial para melhorar a compreensão dos alunos sobre os fenômenos naturais que os cercam. Uma abordagem que tem ganhado destaque é o ensino investigativo, que posiciona os alunos no centro do processo de aprendizado, incentivando-os a explorar, investigar e compreender conceitos físicos por meio da experimentação e da resolução de problemas (Hake, 1998).

Outro ponto relevante é a contextualização dos conceitos termodinâmicos no mundo real, característica inerente ao ensino investigativo. A aplicação desses conceitos em contextos práticos e cotidianos torna o aprendizado mais relevante e significativo para os alunos. Como resultado, a compreensão e a retenção do conhecimento são aprimoradas, uma vez que os estudantes conseguem relacionar os princípios teóricos com situações do dia a dia (Etkina *et al.*, 2006).

Outro benefício crucial do ensino investigativo é o desenvolvimento de habilidades cognitivas fundamentais. Os alunos são desafiados a aplicar o pensamento crítico, a resolver problemas complexos e a exercitar a capacidade de raciocínio lógico. Essas habilidades não apenas são essenciais para o domínio da Física, mas também são transferíveis para outras áreas do conhecimento e para a vida cotidiana (Driver *et al.*, 2000).

A abordagem investigativa também promove a criatividade dos alunos, já que são encorajados a explorar diferentes abordagens para a resolução de problemas físicos, estimulando, assim, a busca por soluções inovadoras. Isso não apenas enriquece a experiência de aprendizado, mas também prepara os alunos para enfrentar desafios complexos em diversas situações.

Além desses benefícios, o ensino investigativo, frequentemente, aumenta a motivação intrínseca dos alunos. Quando eles se sentem mais envolvidos e responsáveis pelo próprio aprendizado, tendem a estar mais motivados a participar ativamente das atividades e a buscar um entendimento mais profundo dos conceitos físicos.

No entanto, é importante destacar que a implementação do ensino investigativo em Termodinâmica pode enfrentar desafios consideráveis. Um desses desafios está relacionado à necessidade de recursos e infraestrutura adequados, como laboratórios bem equipados e materiais de experimentação, que podem não

estar disponíveis em todas as instituições de ensino. Além disso, a formação de professores é essencial para a eficácia do ensino investigativo, requerendo investimentos em desenvolvimento profissional para capacitar os educadores a aplicar essa abordagem de maneira efetiva.

Outra consideração relevante é a avaliação do aprendizado dos alunos no contexto do ensino investigativo. Essa abordagem, muitas vezes, demanda métodos de avaliação que capturem o processo de construção do conhecimento, o que pode ser mais complexo do que as abordagens tradicionais de avaliação (Lancor, 2015). Portanto, é necessário desenvolver estratégias e instrumentos de avaliação adequados para avaliar, de maneira precisa, o progresso dos alunos nesse ambiente de aprendizado dinâmico.

Em resumo, o ensino investigativo no ensino de Física oferece uma abordagem pedagógica enriquecedora que promove o aprendizado ativo, a contextualização, o desenvolvimento de habilidades cognitivas, a criatividade e a motivação intrínseca dos alunos. Esses benefícios não apenas melhoram a compreensão da Física, mas também contribuem para o desenvolvimento de cidadãos críticos e cientificamente competentes em um mundo cada vez mais complexo e tecnológico (Driver *et al.*, 2000).

3 CONTRIBUIÇÃO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA O ENSINO DE TERMODINÂMICA

O ensino da Termodinâmica é amplamente reconhecido como um desafio, devido à sua natureza abstrata e complexidade conceitual. Para superar esses obstáculos e aprimorar a compreensão dos alunos, a inclusão de atividades experimentais tem sido considerada uma estratégia pedagógica eficaz (Smith; Silva, 2017). Neste capítulo, abordaremos a importância da utilização de atividades experimentais no contexto do ensino de Termodinâmica, explorando os benefícios educacionais dessa abordagem.

O ensino da Termodinâmica é um dos pilares fundamentais da Física e de relevância para outras áreas do conhecimento, sendo essencial para a compreensão dos processos que envolvem a transferência de energia e as transformações da matéria. Contudo, muitos estudantes enfrentam dificuldades ao tentar assimilar os conceitos abstratos e complexos relacionados à Termodinâmica. Nesse contexto, a utilização de experimentos desempenha um papel crucial, proporcionando uma abordagem prática que facilita a compreensão dos princípios termodinâmicos.

As atividades experimentais de Termodinâmica são de enorme importância para as aulas de Física, pois colaboram para despertar a curiosidade nos alunos, vontade de aprender, atenção e observação, fazendo com que os estudantes se aproximem do ensino de Física, conforme apontado por (Mazaro; Darroz, 2017). De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC, 2018), as atividades experimentais contribuem para o desenvolvimento do ensino.

Ainda de acordo com a BNCC:

[...] os processos e práticas de investigação merecem também destaque especial nessa área. Portanto, a dimensão investigativa das Ciências da Natureza deve ser enfatizada no Ensino Médio, aproximando os estudantes dos procedimentos e instrumentos de investigação, tais como: identificar problemas, formular questões, identificar informações ou variáveis relevantes, propor e testar hipóteses, elaborar argumentos e explicações, escolher e utilizar instrumentos de medida, planejar e realizar atividades experimentais e pesquisas de campo, relatar, avaliar e comunicar conclusões e desenvolver ações de intervenção, a partir da análise de dados e informações sobre as temáticas da área (BNCC, 2018, p. 550).

3.1 Benefícios de atividades experimentais no Ensino de Termodinâmica

A incorporação de atividades experimentais no ensino de Termodinâmica oferece uma série de benefícios educacionais, que podem ser divididos em tópicos distintos:

3.1.1 Concretização dos Conceitos Abstratos

A Termodinâmica é caracterizada pela presença de conceitos abstratos, como energia interna, entropia e trabalho. Para muitos estudantes, esses conceitos podem ser desafiadores para serem compreendidos apenas com base em fórmulas e teorias. A realização de experimentos concretiza esses conceitos, possibilitando que os alunos observem e experimentem, diretamente, as leis Termodinâmicas em funcionamento. Isso torna o aprendizado mais expressivo e significativo, ajudando os estudantes a relacionar as teorias com fenômenos reais observáveis em um ambiente controlado.

3.1.2 Desenvolvimento de Habilidades Práticas

Além de contribuir para a compreensão conceitual, a abordagem experimental no ensino de Termodinâmica oferece aos alunos a oportunidade de desenvolver habilidades práticas valiosas. Isso inclui a familiarização com a manipulação de instrumentos de medição, a coleta precisa de dados experimentais e a análise crítica dos resultados obtidos. Essas habilidades práticas não apenas enriquecem a formação acadêmica dos alunos, mas também são essenciais em carreiras de Física e em outras áreas do conhecimento.

3.1.3 Estímulo ao Pensamento Crítico

A execução de experimentos no ensino de Termodinâmica desafia os alunos a adotarem uma postura de pensamento crítico e a desenvolverem habilidades de resolução de problemas. Os estudantes são incentivados a analisar, minuciosamente, os resultados experimentais, identificar possíveis fontes de erro e estabelecer conexões com os princípios termodinâmicos previamente estudados em sala de aula. Essa abordagem promove o desenvolvimento do pensamento científico e a capacidade de abordar desafios complexos de maneira eficaz.

3.1.4 Evidências Científicas da Eficácia dos Experimentos

A eficácia do uso de experimentos no ensino de Termodinâmica é sustentada por diversos estudos acadêmicos realizados nessa área que demonstraram os benefícios dessa abordagem em termos de aprendizado e motivação dos alunos.

Um estudo conduzido por Smith e Silva (2017) comparou o desempenho de alunos submetidos a aulas tradicionais de Termodinâmica, baseadas, predominantemente, em teoria, com o desempenho de alunos que participaram de aulas que incorporaram atividades experimentais práticas. Os resultados revelaram que os alunos expostos aos experimentos não apenas demonstraram uma compreensão mais profunda dos conceitos termodinâmicos, mas também apresentaram desempenho superior nas avaliações de conhecimento (Smith; Silva, 2017).

Além disso, pesquisa realizada por Johnson *et al.* (2019) demonstrou que os alunos que participaram de aulas de Termodinâmica com a inclusão de atividades experimentais mostraram maior motivação e interesse pela disciplina, o que contribuiu para um envolvimento mais relevante no processo de aprendizado (Johnson *et al.*, 2019).

Em resumo, a incorporação de experimentos no ensino de Termodinâmica oferece uma série de benefícios educacionais, incluindo a concretização de conceitos abstratos, o desenvolvimento de habilidades práticas e o estímulo ao pensamento crítico dos alunos. As evidências científicas respaldam a eficácia dessa abordagem, destacando sua importância no processo de ensino e aprendizagem. Portanto, é fundamental que educadores e instituições de ensino integrem atividades experimentais em seus currículos, garantindo uma compreensão sólida e duradoura da Termodinâmica, uma disciplina fundamental na física e em outras áreas do conhecimento.

3.2 Correlação entre a Aplicação de Experimentos de Termodinâmica e os Impactos Positivos no Processo de Ensino da Física

Os experimentos de Termodinâmica contribuem para favorecer a aprendizagem dos alunos, pois, com a realização dos experimentos, os alunos ficam

mais aptos a associarem os fenômenos físicos a aspectos que ocorrem em suas vivências (Mendes, 2007 & Wurz, 2012).

A experimentação, sobretudo quando realizada com materiais simples que o aluno tem condições de manipular e controlar, facilita o aprendizado dos conceitos, desperta o interesse e suscita uma atitude indagadora por parte do estudante (Silva; Silva; Lima; Silva; Correia, 2019, p. 1).

Por conseguinte, as atividades experimentais proporcionam aos alunos a verificação de como funcionam os fenômenos físicos, exigem dos alunos concentração e pensamento crítico, propiciam o diálogo e faz os alunos refletirem como a Física é importante no universo (Seed, 2008).

Desse modo:

[...] as atividades experimentais são de suma importância nas aulas de Física, não só por despertar interesse, mas por proporcionar aos alunos momentos de observação, discussão, reflexão, construção e reconstrução do conhecimento, tornando-os capazes de entender, avaliar e compreender os fenômenos de seu cotidiano (Mazaro; Darroz, 2017, p. 5).

A atividade experimental é uma ferramenta pedagógica importante, pois desperta o interesse dos alunos e aumenta o interesse dos alunos em estudar Física e maximiza a aprendizagem (Peruzzo, 2012). Sendo assim, os experimentos têm a capacidade de:

Estimular a participação ativa dos estudantes, despertando sua curiosidade e interesse, favorecendo um efetivo envolvimento com sua aprendizagem e também, propicia a construção de um ambiente motivador, agradável, estimulante e rico em situações novas e desafiadoras que, quando bem empregadas, aumentam a probabilidade de que sejam elaborados conhecimentos e sejam desenvolvidas habilidades, atitudes e competências relacionadas ao fazer e entender a Ciência (Araújo; Abib, 2003, p. 190).

Portanto, o uso de atividades experimentais contribui para o aprendizado dos alunos, porquanto relacionam a teoria com a prática e fica mais fácil entenderem como funcionam os fenômenos físicos contidos no experimento, contribuindo, assim, para a aprendizagem dos alunos (Peruzzo, 2012).

Dessa maneira:

Assim, podemos considerar que a realização de experimentos proporciona aos estudantes um ambiente propício para instigar a curiosidade, a criação de hipóteses e favorece o uso da criatividade para resolver situações que podem ocorrer durante a execução das atividades experimentais. Para que ocorra o desenvolvimento das atividades experimentais e que estas sirvam para o desenvolvimento da autonomia do pensamento, habilidades de observação e investigação dos fenômenos é necessário que a aula seja em formato dialógico, na qual o professor consiga aguçar a curiosidade e a capacidade de criação de hipóteses nos alunos, a fim de entender e relacionar o que se está estudando com seu cotidiano (Lindoml, 2019, p. 43-44).

Desse modo, as atividades experimentais tornam o ensino de Física mais dinâmico e a tendência é que os alunos, conseqüentemente, fiquem mais dispostos a aprender, desenvolvam a capacidade de relacionar a teoria dos fenômenos físicos a exemplos do cotidiano e fiquem felizes com a realização das atividades experimentais (Peruzzo, 2012).

Entretanto, na execução dos experimentos de Termodinâmica, é recomendável que o professor execute experimentos que estejam relacionados com os conhecimentos prévios dos alunos. O estímulo à curiosidade e à atenção prestada favorece a aprendizagem dos conteúdos, pois caso os alunos fiquem dispersos, a absorção dos conteúdos fica prejudicada (Moraes; Júnior, 2015).

Conclui-se que:

Toda atividade experimental tem sua contribuição na aprendizagem do aluno, seja pela simples realização de medidas, construção de gráficos, determinação de constantes físicas, visualização qualitativa de propriedades ou fenômenos físicos, entretanto, o professor deve mediar a realização promovendo interações sociais e permitindo explorar os conteúdos previstos no currículo de forma adequada e agradável (Lindoml, 2019, p. 46).

Para a execução de bons experimentos de Termodinâmica, é recomendável seguir as três etapas da experimentação, a saber: pré-experimental, experimental e pós-experimental (Rosa; Rosa, 2012). As etapas são descritas a seguir:

- **Pré-experimental:** é a etapa em que o professor explica para os alunos como o experimento de Termodinâmica vai ser realizado, quais os conteúdos físicos de Termodinâmica relacionados com o experimento, como o experimento será feito (metodologia do experimento), os materiais utilizados e os objetivos. É importante o professor fazer perguntas para os alunos, explicar o contexto histórico do tema relacionado com o experimento e é relevante que o professor convide os alunos para verem os materiais que vão ser utilizados no experimento de perto (Rosa; Rosa, 2012).
- **Experimental:** é a etapa em que o professor executa o experimento de Termodinâmica em um local que pode ser um laboratório, ou mesmo em uma sala de aula (se o experimento não tiver riscos). O objetivo dos alunos, nessa etapa, é prestar atenção no experimento a fim de entenderem (Rosa; Rosa, 2012).
- **Pós-experimental:** é a etapa em que o professor discute os resultados obtidos no experimento com seus alunos, faz uma revisão da metodologia do experimento e agradece aos alunos pelas participações (Rosa; Rosa, 2012).

Portanto, como foi abordado, é essencial que, quando o professor realizar um experimento de determinado tema de Termodinâmica, ele explique o conteúdo antes de realizar o experimento com seus alunos para que os estudantes se conectem com o tema e fique mais fácil o entendimento do experimento (Rosito, 2008).

O professor deve participar de todas as fases envolvidas no experimento de Termodinâmica, desde a preparação do experimento até a execução com os alunos. Além de explicar o experimento, é importante que o professor promova interação, fazendo perguntas para os estudantes durante a realização dos experimentos e incentivando-os à participação (Gaspar, 2014).

Dessa maneira, muitos professores utilizam os experimentos de Termodinâmica como uma estratégia de ensino, pois complementam a teoria e estimulam os alunos a relacionarem o conteúdo físico com os fenômenos que acontecem no cotidiano dos estudantes, fazendo com que o ensino não fique abstrato (Séré; Coelho; Nunes, 2003).

Desse modo, o professor, ao realizar as atividades experimentais de Termodinâmica, deve explicar para os alunos que as atividades experimentais são um complemento dos estudos e que, portanto, os alunos devem assistir às aulas e estudar os conteúdos físicos (Gaspar, 2014).

Então, conclui-se que:

Não aceitar a importância no ensino das aulas experimentais significa destituir o conhecimento físico de seu contexto, reduzindo esta ciência a um sistema abstrato de definições, leis e fórmulas matemáticas. A física é muito mais do que isso. É uma atividade intelectual extremamente viva e interessante (Peruzzo, 2012, p. 13).

Para ter possibilidade de ocorrer aprendizagem, é necessário que os alunos busquem o aprendizado, tanto dos conteúdos quanto dos experimentos (Moraes; Júnior, 2015). Portanto, para os alunos entenderem os experimentos, eles têm de ter uma intenção para a aprendizagem, tem que querer aprender (Moreira, 2008)

A escolha por atividades experimentais de Termodinâmica que utilizam materiais de baixo custo e fácil acesso são importantes para o aluno conseguir relacionar os conteúdos físicos com os experimentos, no intuito de despertar a vontade de aprender (D'ávila, 1999).

Os experimentos que utilizam materiais de baixo custo e fácil acesso representam uma alternativa à ausência de equipamentos nas escolas, pois contribuem para que os alunos aprofundem seus conhecimentos científicos, já que é

viável que possam replicar os experimentos quando quiserem. Assim, esses experimentos constituem uma boa ferramenta para ser utilizada pelo professor nos experimentos de Termodinâmica, ou em vários outros conteúdos de Física. Para que os alunos tenham capacidade de executar esses experimentos em suas casas, eles devem ter entendido os experimentos realizados pelo professor (Lima; Oliveira, 2016).

Apesar dessa facilidade, é importante que as instituições possuam laboratórios destinados à realização de experimentos, os quais contribuem para melhorar o ensino de Física (Duarte, 2012, p. 525).

3.3 Sequência Didática e o Ensino de Termodinâmica

A sequência didática no ensino de Física, de acordo com os PCNs (Parâmetros Curriculares Nacionais), tem entre os seus objetivos: colaborar para uma cultura científica de qualidade; esclarecer o conhecimento físico como um processo que acontece ao longo da história e, portanto, se atualiza de acordo com novas descobertas científicas; colaborar para divulgar a importância da Física; contribuir para proporcionar conhecimentos físicos aos estudantes; desenvolver conhecimentos relacionados à ciência; incentivar os estudantes a pesquisarem sobre os avanços científicos; esclarecer sobre a responsabilidade que os Físicos têm na sociedade (Brasil, 1997).

O termo sequência didática surge

[...] na França, em meados dos anos 1980, nos programas escolares oficiais de todos os níveis e séries. Fazia parte de uma tentativa do Governo Francês em promover um ensino “descompartmentalizado” (o termo francês para isso é “*décloisonnement*”). Ou seja: no ensino da língua materna, era costume segmentar os conteúdos, ensinando-os de forma “compartmentalizada”: ortografia, classes gramaticais, sintaxe, etc. A sequência didática foi uma tentativa de reverter esse modelo de ensino e planejada para ser um procedimento que permitiria ensinar todos esses conteúdos de forma integrada, para atingir um objetivo único (por exemplo, produzir um texto no gênero receita culinária) (Gagliardi; Amaral, 2015).

A sequência didática no ensino de Termodinâmica tem o intuito de estimular a curiosidade dos alunos sobre as atividades experimentais (Lima, 2018).

Assim, envolve uma sequência de atividades que:

[...] prescinde de um planejamento para delimitação de cada etapa e/ou atividade para trabalhar os conteúdos disciplinares de forma mais integrada para uma melhor dinâmica no processo ensino/aprendizagem (Oliveira, 2013, p. 39).

Então, a sequência didática de atividades experimentais de Termodinâmica contribui para que o ensino de Física fique mais completo e diversificado (Lima, 2018).

Dessa maneira, ao elaborar uma sequência didática:

[...] devemos levar em consideração alguns passos básicos ou fases que são: a escolha do tema, questionamentos para problematização do tema a ser desenvolvido, planejamento dos conteúdos, objetivos a serem alcançados no processo de ensino e aprendizagem, determinação da sequência de atividades, considerando ainda, a divisão de grupos, o cronograma, o material didático, a integração entre cada atividade e avaliação dos resultados (Oliveira, 2013, p. 40).

Os autores Braga e Carvalho (2021) desenvolveram uma pesquisa sobre o ensino de Termodinâmica por meio de uma sequência de ensino investigativa. O objetivo era verificar como o ensino por investigação favoreceu a aprendizagem dos alunos. Tal meta foi atingida, pois os alunos se interessaram pelos conteúdos físicos. As atividades investigativas contribuíram para o conhecimento dos alunos, e o professor pôde perceber quais foram os conteúdos físicos em que os alunos tiveram dificuldades (Braga; Carvalho, 2021).

Lima (2018) realizou um trabalho cujo tema é a importância da sequência didática como metodologia no ensino da disciplina de Física Moderna no Ensino Médio. O objetivo era ensinar para os alunos que o aprendizado só será efetivo se estiverem dispostos a estudar. Por meio da sequência didática, os alunos buscam ferramentas para melhorar seus aprendizados, em uma estratégia de ensino que instiga a curiosidade dos alunos.

Portanto, a sequência didática no ensino de Termodinâmica em Física está relacionada com a realização de atividades experimentais e tem como finalidade contribuir para o aprendizado dos alunos, colaborando para o desenvolvimento da capacidade de discutir determinados temas de Física (Souza, 2019).

Dessa maneira:

A sequência didática tem o objetivo de promover a interação entre professor e alunos, bem como a interação entre os próprios alunos; motivar os alunos para o estudo da Termodinâmica; promover condições de aprendizagem dos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais de Termodinâmica; contribuir para a formação de cidadãos (Lima, 2016, p. 4).

Nesse contexto, é essencial que o docente se prepare, adequadamente, para a elaboração de uma sequência didática voltada para o ensino de Termodinâmica. Esse preparo envolve a meticulosa definição dos experimentos a serem utilizados, a escolha das metodologias mais adequadas e uma revisão aprofundada dos conteúdos

físicos relacionados aos experimentos. Tal planejamento é crucial para assegurar a eficácia da sequência didática, conforme destacado por (Silva, 2019).

Além disso, é fundamental que, durante a sequência didática, o professor assuma um papel ativo na promoção da aprendizagem dos alunos. Isso pode ser alcançado por meio da formulação de perguntas que estimulem a reflexão sobre os conteúdos abordados. O docente deve conscientizar os estudantes de que o conhecimento adquirido não se limita ao momento da aula, mas possui aplicação prática em suas vidas cotidianas. Portanto, Oliveira (2001) enfatiza a importância de atividades como o planejamento da sequência didática, a organização dos materiais experimentais e o estudo aprofundado dos conteúdos físicos relacionados (Oliveira, 2001).

No que diz respeito ao comportamento do professor durante a execução dos experimentos, Ugalde e Roweder (2020) ressaltam a necessidade de estabelecer um diálogo com os alunos. Antes da realização do experimento, o docente deve explicar, detalhadamente, como será a condução das atividades. Durante a execução do experimento, é crucial que haja uma interação constante entre o professor e os alunos, viabilizando uma compreensão mais aprofundada dos conteúdos físicos envolvidos. Após a realização do experimento, é importante realizar uma recapitulação abrangente para consolidar o aprendizado (Ugalde; Roweder, 2020).

Em suma, a sequência didática de atividades experimentais de Termodinâmica oferece benefícios tanto para os professores quanto para os alunos. Os docentes aprimoram suas estratégias de ensino por meio de planejamento e estudo, enquanto os alunos encontram maior facilidade para assimilar os conceitos físicos apresentados na sequência didática. Isso, por sua vez, estimula o interesse dos estudantes pelo estudo da Física, conforme observado por (Lima, 2018).

No entanto, é importante destacar que muitos docentes enfrentam obstáculos significativos que os impedem de conduzir experimentos em suas atividades acadêmicas. Um desses desafios reside na escassez de tempo disponível para dedicar-se a experimentos, uma limitação frequentemente imposta pelas próprias instituições de ensino. Isso ocorre em virtude de pressões advindas da administração escolar, que, muitas vezes, enfatiza a necessidade de cumprir um extenso programa curricular, resultando na priorização do conteúdo teórico em detrimento das atividades práticas. Além disso, alguns docentes enfrentam a necessidade de se alternar entre escolas muito distantes (às vezes até outras cidades) para ministrar aulas, o que

impõe limitações adicionais ao tempo que podem investir na preparação e realização de experimentos. Esses fatores combinados contribuem para a baixa frequência de experimentos nas instituições de ensino.

4 ANÁLISE DE EXPERIMENTOS CONDUZIDOS NA ESCOLA

Neste capítulo, procederemos a caracterização da escola, seguida de uma descrição e análise dos experimentos conduzidos. A finalidade desta pesquisa visa a uma avaliação crítica dos experimentos realizados na referida instituição educacional, abrangendo a análise de suas abordagens metodológicas, resultados obtidos e contribuições no contexto acadêmico e educacional. O objetivo central desta investigação é examinar, de forma crítica, os experimentos da Escola Estadual em Iturama, com o intuito de destacar experiências relevantes e fornecer uma compreensão mais aprofundada das atividades de pesquisa realizadas nesse contexto educacional específico.

4.1 Caracterização da escola

A Escola Estadual, localizada em Iturama, estado de Minas Gerais, encontra-se na região central da cidade, próxima à avenida principal, e dispõe de uma boa infraestrutura, incluindo salas de aula confortáveis. A gestão da escola é ativa, contando com professores de diversas disciplinas. Notavelmente, a maioria dos estudantes pertence a famílias de baixa renda e enfrenta limitações financeiras. Além disso, a instituição carece de laboratórios dedicados à realização de experimentos, o que justifica a condução deste trabalho no ambiente da sala de aula.

Atualmente, a Escola Estadual conta com um total de 706 alunos distribuídos em 24 turmas, abrangendo do sexto ano do Ensino Fundamental 2 ao terceiro ano do Ensino Médio. A escola opera em dois turnos: matutino e vespertino. No turno da manhã, as aulas ocorrem das 7h às 11h30, sendo que as turmas do primeiro e segundo ano do Ensino Médio têm um sexto horário que se estende até às 12h20. O intervalo dos alunos pela manhã é das 9h30 às 9h50. No turno da tarde, as aulas ocorrem das 13h às 17h30, com as mesmas turmas do Ensino Médio mantendo o sexto horário até às 18h20. O intervalo dos alunos, à tarde, ocorre das 15h30 às 15h50.

O projeto de Sequência Didática desenvolvido para o ensino de Termodinâmica, baseado em experimentos com materiais de baixo custo e fácil acesso, foi conduzido na Escola Estadual em Iturama, Minas Gerais. A autoria desse

projeto é atribuída a Max Alexandre Pádua de Queiroz. A escolha dessa instituição se justifica em virtude da realização de grande parte do estágio supervisionado na escola, onde o autor foi bem acolhido e teve experiências positivas.

Durante a execução do projeto, foram realizados um total de nove experimentos na escola. As atividades ocorreram após o horário regular de aulas, às quartas-feiras, das 11h30 às 12h20. Uma vez que os alunos tinham aulas das 7h às 11h30, assistiam aos experimentos após esse período. Cada aula ministrada correspondia à realização de um experimento específico. Portanto, foram necessárias nove aulas para completar os nove experimentos planejados. Vale ressaltar que nem todos os alunos puderam assistir a todos os experimentos devido a ausências ocasionais, motivadas por questões de saúde ou compromissos externos à escola.

4.2 Experimentos da sequência didática

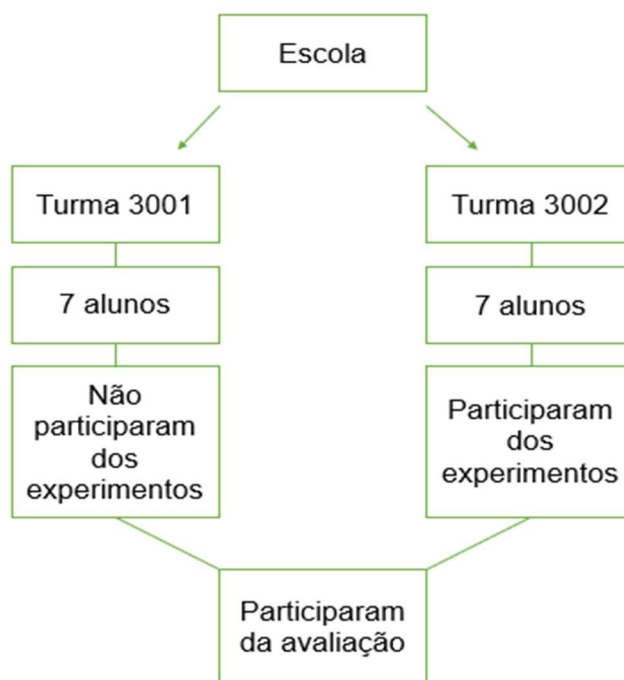
No período compreendido entre abril a junho de 2023, uma sequência didática de experimentos no campo da Termodinâmica em Física foi conduzida na Escola Estadual situada em Iturama, Minas Gerais. Essa iniciativa teve como propósito a utilização de materiais de baixo custo e fácil acesso. No decorrer dessa sequência, um total de nove experimentos foi implementado, cujos nomes estão relacionados na Tabela 1.

Tabela 1 - Lista de experimentos realizados.

EXPERIMENTO	TÍTULO DO EXPERIMENTO
Experimento 1	Balão que não explode
Experimento 2	Condutividade térmica
Experimento 3	Evaporação da água e do álcool em gel
Experimento 4	Bacias com água
Experimento 5	Cubos de gelo
Experimento 6	Dilatação do ar
Experimento 7	Condução térmica em metais
Experimento 8	Propagação de calor nos fluidos (convecção)
Experimento 9	Absorção de calor por radiação

Fonte: Próprio autor (2023).

O trabalho foi realizado em duas turmas do terceiro ano do Ensino Médio, sendo que uma turma não participou dos experimentos e a outra participou, conforme descrito na **Figura 1**.

Figura 1 – Quantitativo de alunos que participaram do trabalho

Fonte: Próprio autor (2023).

Os experimentos tiveram, dentre suas finalidades, a de comparar os resultados obtidos pelos alunos que participaram dos experimentos com os resultados obtidos pelos alunos que não participaram. Para se constatar esses resultados, foi aplicada uma avaliação para cada aluno, totalizando 14 avaliações, e cada aluno da Turma 3002 respondeu às perguntas no final de cada experimento, descritas no Apêndice-B deste trabalho.

A separação de alunos em salas diferentes foi realizada com o objetivo de observar se houve diferenças entre as respostas das questões do grupo que participou e do grupo que não participou dos experimentos.

Essa sequência didática foi realizada com os seguintes objetivos: verificar como o ensino baseado na experimentação influencia na aprendizagem dos alunos; auxiliar na compreensão dos conceitos físicos; estimular neles o desenvolvimento de habilidades manuais, bem como o trabalho em equipe; despertar o interesse e a curiosidade deles; e contribuir para que desenvolvam a habilidade de observação.

Antes da realização dos experimentos, foram feitas três perguntas para os alunos da Turma 3002 a fim de verificar conhecimentos prévios relativos a alguns conceitos físicos (Apêndice A).

Ao final de cada experimento, foram realizadas quatro perguntas para os alunos da Turma 3002 com o objetivo de verificar quais foram seus aprendizados em cada experimento (Apêndice B).

4.3 Metodologia Empregada na Condução dos Experimentos

Neste estudo, foram empregados materiais de baixo custo e fácil acesso com o intuito de aprimorar o processo de aprendizagem dos alunos, com ênfase particular em conceitos relacionados à Termodinâmica, com o propósito de facilitar a compreensão desses temas. A principal finalidade dessa abordagem era estabelecer uma conexão tangível entre a teoria física e exemplos práticos do cotidiano dos alunos. A utilização de materiais de baixo custo e fácil acesso ofereceu várias vantagens, notadamente a acessibilidade financeira para os estudantes. Portanto, caso houvesse interesse por parte dos alunos em realizar esses experimentos em ambientes externos à escola, eles teriam a capacidade de adquirir esses materiais sem dificuldades financeiras significativas. Isso, por sua vez, contribuiu para promover uma abordagem prática e participativa no processo de aprendizagem, facilitando a assimilação e aplicação dos princípios termodinâmicos pelos alunos. Tais experimentos foram realizados em sala de aula e, após suas realizações, foram aplicadas perguntas aos alunos. Todas as respostas foram consideradas a fim de verificar os aprendizados adquiridos.

4.3.1 Descrição dos experimentos realizados

Aqui, forneceremos detalhes sobre os experimentos realizados como parte desta pesquisa.

4.3.1.1 Experimento 1: Balão que não explode

Nesta subseção, abordaremos o primeiro experimento, explicando os materiais usados, os procedimentos seguidos e a explicação física por trás do experimento.

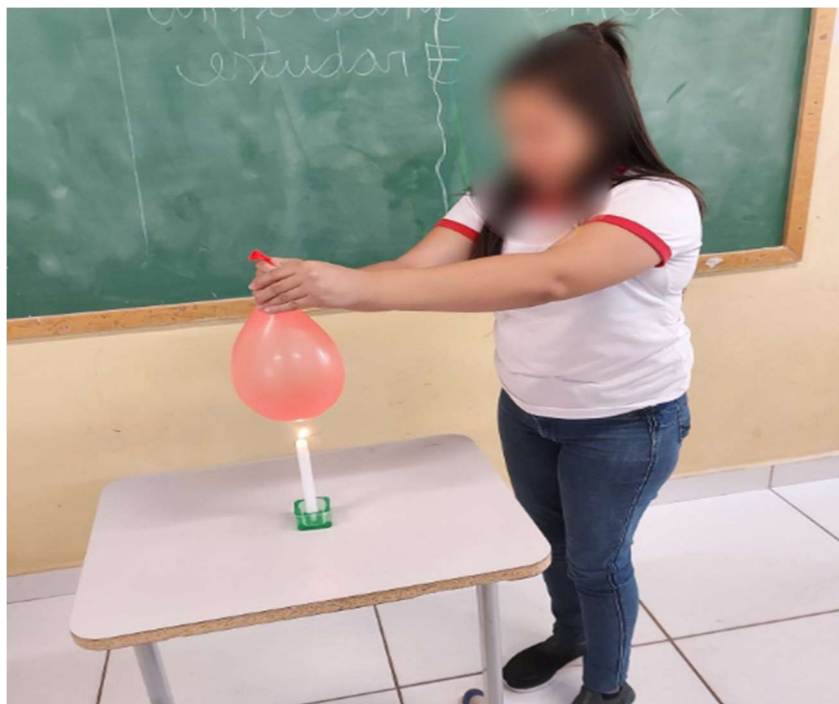
4.3.1.1.1 Materiais utilizados

- Dois balões de látex;
- Vela/Fósforos;
- Água.

4.3.1.1.2 Procedimentos

Encheu-se um balão com água e foi aproximado da chama de uma vela, conforme a Figura 2. Em seguida, o outro balão foi preenchido com ar e, também aproximado da chama de uma vela.

Figura 2 – Bexiga cheia de água



Fonte: Próprio autor (2023).

4.3.1.1.3 Explicação Física

Um balão cheio de água não explode quando em contato com uma chama devido a uma combinação de fatores físicos e termodinâmicos que controlam a situação. Aqui estão as razões principais:

- **Calor Específico da Água:** A água tem um alto calor específico, o que significa que ela requer uma quantidade significativa de energia para aumentar sua temperatura. Quando uma chama entra em contato com o balão cheio de água, a maior parte do calor é inicialmente absorvida pela água e usada para aumentar a temperatura dela. Isso impede que a temperatura da água aumente rapidamente o suficiente para causar a ruptura do balão.

- **Capacidade térmica:** A presença de uma quantidade substancial de massa de água no interior de um balão resulta em uma capacidade térmica significativa. Consequentemente, a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura dessa massa de água em uma unidade de temperatura é substancialmente elevada, devido à proporcionalidade direta entre a capacidade térmica e a massa do sistema em questão.
- **Condução de Calor:** A condução de calor através da parede do balão é um processo relativamente lento, especialmente se o balão for espesso ou isolante. Isso significa que a temperatura do lado de fora do balão não aumentará rapidamente.

Resumidamente, esse experimento teve como objetivo demonstrar para os alunos que a água no balão é capaz de absorver energia da chama, impedindo que a superfície de látex do balão atinja sua temperatura de ignição (aliás, o látex inflama a cerca de 120°C). A água não só tem um calor específico maior do que o ar no primeiro balão, mas também é “melhor condutor térmico” (ou seja, a energia é transferida para a água a partir da superfície de látex do balão de forma muito mais eficiente do que pode ser transferida para o ar em um balão normal).

No entanto, é importante notar que o balão pode, eventualmente, estourar se a temperatura for suficientemente alta e a pressão interna se tornar excessiva. Portanto, a água no balão não é uma garantia absoluta de que ele não vai estourar, mas atua como um amortecedor térmico que retarda, significativamente, o processo e reduz o risco de explosão imediata em comparação com um balão vazio. Sempre é importante tomar precauções ao realizar experimentos com fogo e balões para evitar possíveis riscos.

4.3.1.2 Experimento 2: Condutividade térmica

Nesta subseção, abordaremos o segundo experimento, explicando os materiais usados, os procedimentos seguidos e a explicação física por trás do experimento.

4.3.1.2.1 Materiais utilizados

- Uma colher de metal;
- Uma colher de madeira;
- Uma cafeteira;
- Água quente.

4.3.1.2.2 Procedimentos

Uma cafeteira será preenchida com água quente e, em seu interior, serão colocadas duas colheres (**Figura 3**). A colher de metal aquecerá rapidamente, ao passo que a colher de madeira levará mais tempo para atingir a mesma temperatura.

Figura 3 – Uma colher de cabo de madeira e uma colher de cabo de metal dentro da cafeteira



Fonte: Próprio autor (2023).

4.3.1.2.3 Explicação Física

Os materiais podem ser classificados com base em sua capacidade de conduzir eletricidade e calor. Os condutores, como os metais, permitem a movimentação de cargas elétricas devido à presença de elétrons livres. Em contraste, os isolantes, como a madeira, apresentam alta resistência à passagem de cargas elétricas, uma vez que seus elétrons estão fortemente ligados aos núcleos atômicos.

Além disso, a condutividade térmica é uma propriedade que quantifica a facilidade com que o calor pode ser transferido através de um material. Em geral, os metais exibem boa condutividade térmica, enquanto a madeira é um isolante térmico eficaz.

O objetivo desse experimento é investigar e comparar a condutividade térmica de um metal e da madeira, a fim de entender como essa propriedade varia entre materiais com diferentes estruturas.

4.3.1.3 Experimento 3: Evaporação da água e do álcool em gel

Nesta subseção, abordaremos o terceiro experimento, explicando os materiais usados, os procedimentos seguidos e a explicação física por trás do experimento.

4.3.1.3.1 Materiais utilizados

- Água;
- Álcool em gel.

4.3.1.3.2 Procedimentos

Será depositada, simultaneamente, uma quantidade de água e outra de álcool em gel na mão de um aluno (**Figura 4**). Em seguida, será questionado qual dos líquidos evaporará mais rapidamente. A resposta correta é que a água evaporará mais rapidamente.

Figura 4 – Álcool em gel e água nas mãos



Fonte: Próprio autor (2023).

4.3.1.3.3 Explicação Física

A água evapora mais rapidamente do que o álcool em gel quando entra em contato com a mão devido a várias propriedades físicas e químicas dessas substâncias:

- **Diferença nas taxas de evaporação:** A principal razão para essa diferença reside na taxa de evaporação das duas substâncias. A água tem uma taxa de evaporação mais rápida em comparação com o álcool em gel. Isso ocorre porque as moléculas de água têm uma maior tendência a passar do estado líquido para o gasoso (vapor) em temperaturas ambientes típicas.
- **Diferenças na composição:** O álcool em gel é composto, principalmente, por álcool (como etanol ou isopropanol) e um agente espessante que torna o gel viscoso. O álcool tem uma taxa de evaporação mais lenta do que a água. Além disso, o agente espessante presente no álcool em gel pode retardar ainda mais a evaporação em comparação com a água pura.
- **Interação com a pele:** A água tem uma afinidade natural pela pele e é absorvida pela camada externa da epiderme, por onde pode evaporar, causando a sensação de resfriamento. O álcool em gel é projetado para permanecer na superfície da pele, matar germes e, em seguida, evaporar mais lentamente.
- **Ponto de ebulição:** A água tem um ponto de ebulição mais alto em comparação com muitos tipos de álcool. Isso significa que, a menos que a temperatura ambiente seja muito alta, a água evaporará mais rapidamente.

Portanto, a combinação de propriedades físico-químicas faz com que a água evapore mais rapidamente do que o álcool em gel quando entra em contato com a pele. No entanto, é importante notar que o álcool em gel é frequentemente usado para a higienização das mãos devido às suas propriedades antissépticas, e não apenas para resfriamento. Portanto, a taxa de evaporação mais lenta do álcool em gel pode ser benéfica para sua ação antimicrobiana e durabilidade na pele.

4.3.1.4 Experimento 4: Bacias com água

Nesta subseção, abordaremos o quarto experimento, explicando os materiais usados, os procedimentos seguidos e a explicação física por trás do experimento.

A seleção desse experimento foi motivada pelo desejo de envolver os alunos em uma exploração educativa de um experimento notório conduzido pelo renomado filósofo John Locke (1623-1704), que se concentrou na investigação da transferência de calor. Esse experimento (**Figura 5**) tem como objetivo a medição da temperatura

de dois corpos utilizando um dos sentidos humanos mais fundamentais: o tato. Além disso, essa abordagem experimental visa a examinar as diversas maneiras pelas quais a troca de calor pode ser percebida e compreendida, contribuindo para uma experiência de aprendizado enriquecedora e interativa para os alunos.

Figura 5 – Demonstração do experimento.



Fonte: Sampaio, J. L.; Calçada, C. S. **Física**. 2. Ed. São Paulo: atual, 2005, p. 165. Vol. Único.

4.3.1.4.1 Materiais utilizados

Os materiais requeridos para a execução do experimento foram requisitados antecipadamente aos alunos, conforme listados na **Tabela 2**.

Tabela 2 - Lista de materiais utilizados no experimento 4.

Materiais	Comentários
Três recipientes	Dois deles deverão caber em uma mão, pelo menos, e o terceiro tem de ser grande o suficiente para que caibam as duas mãos da pessoa que for realizar o experimento.
Água quente	Quente o suficiente para que a pessoa que for colocar a mão não se queime.
Água fria	Acrescente uns gelos para que a água fique próxima a 0° Celsius.
Água morna	À temperatura ambiente.

4.3.1.4.2 Procedimentos

Em relação à montagem do experimento, foram dadas as seguintes instruções aos alunos:

- Coloquem uma das mãos na água fria e a outra na água quente durante uns 30 segundos, conforme ilustrado na **Figura 6**.
- Coloquem as duas mãos na água morna por, no máximo, dez segundos.

Figura 6 – Demonstração do experimento.



Fonte: Próprio autor (2023).

Após o término do experimento, serão feitas as seguintes perguntas aos alunos:

- O que aconteceu quando foram colocadas as duas mãos na água morna? O que foi sentido em cada mão?
- A mão direita recebeu ou perdeu calor? E a esquerda?
- Por acaso a temperatura da água (a sensação térmica) está diferente para cada mão?

4.3.1.4.3 Explicação Física

Ao término do experimento, é esperado que os alunos adquiram uma compreensão de que a água morna apresentará diferentes sensações térmicas para as mãos, dependendo de sua exposição prévia à água quente ou fria. Quando as mãos são imersas nos recipientes contendo água quente e fria, elas buscam atingir o equilíbrio térmico, isto é, igualar suas temperaturas. Portanto, a mão direita estará a uma temperatura mais baixa do que a do ambiente, enquanto a mão esquerda estará um pouco mais quente que a temperatura ambiente.

Quando ambas as mãos são colocadas na água morna, a mão direita (previamente na água fria) absorve calor, pois está a uma temperatura mais baixa do que a água morna. Simultaneamente, a mão esquerda (anteriormente na água quente) libera calor, uma vez que sua temperatura é mais alta do que a da água morna.

4.3.1.5 Experimento 5: Cubos de gelo

Nesta subseção, abordaremos o quinto experimento, explicando os materiais usados, os procedimentos seguidos e a explicação física por trás do experimento.

4.3.1.5.1 Materiais utilizados

- Dois cubos de gelo de mesmo tamanho;
- Um pedaço de papel alumínio;
- Uma blusa de lã.

4.3.1.5.2 Procedimentos

Neste experimento, um cubo de gelo foi envolto em papel alumínio, enquanto o outro cubo de gelo foi revestido com uma blusa de lã. Em seguida, ambos os materiais foram expostos à luz solar por um período de 20 minutos, conforme ilustrado na **Figura 7**. Após esse intervalo de tempo, foi conduzido um teste com o intuito de determinar qual dos dois cubos de gelo derreteu de maneira mais rápida. Os resultados indicaram que o cubo de gelo envolto em papel alumínio derreteu de forma mais acelerada em comparação ao cubo de gelo envolto na blusa de lã.

Figura 7 – Blusa de lã e papel alumínio



Fonte: Próprio autor (2023).

4.3.1.5.3 Explicação Física

O alumínio é um melhor condutor de calor do que a lã devido às diferenças fundamentais em suas estruturas e propriedades físicas:

- **Estrutura Cristalina:** O alumínio possui uma estrutura cristalina ordenada em sua forma sólida. Os átomos de alumínio estão dispostos em uma rede regular, permitindo que os elétrons se movam facilmente através da estrutura. Isso é essencial

para a condução de calor, já que os elétrons desempenham um papel crucial na transferência de energia térmica em materiais condutores e a condução de calor se dá pela vibração da rede cristalina, e pelo movimento caótico dos elétrons livres.

- **Densidade eletrônica:** O alumínio é um metal, e os metais têm uma alta densidade eletrônica. Isso significa que eles têm uma grande quantidade de elétrons-livres em sua estrutura, que podem transportar a energia térmica rapidamente. Quando o calor é aplicado a uma extremidade de um objeto de alumínio, os elétrons livres podem mover-se facilmente através do material, transferindo a energia térmica de uma extremidade para a outra.
- **Liberdade de Movimento Atômico:** Os átomos em materiais metálicos, como o alumínio, têm uma certa liberdade de movimento. Isso permite que os átomos vibrem em torno de suas posições de equilíbrio, transmitindo energia cinética entre si e facilitando a condução de calor.

Por outro lado, a lã é um isolante térmico. Ela é composta por fibras que possuem uma estrutura desordenada e não contêm elétrons móveis em grande quantidade. Isso torna a lã um mau condutor de calor. Quando o calor é aplicado à lã, as fibras não conseguem transferir a energia térmica eficientemente, resultando em uma menor condutividade térmica.

Em resumo, as diferenças fundamentais na estrutura e nas propriedades físicas do alumínio e da lã determinam suas capacidades de condução de calor, com o alumínio sendo um condutor térmico eficiente devido à sua estrutura cristalina ordenada e densidade eletrônica, enquanto a lã age como um isolante térmico devido à sua estrutura desordenada e falta de elétrons-livres.

4.3.1.6 Experimento 6: Dilatação do ar

Nesta subseção, abordaremos o sexto experimento, explicando os materiais usados, os procedimentos seguidos e a explicação física por trás do experimento.

4.3.1.6.1 Materiais utilizados

- Dois recipientes;
- Duas bexigas;
- Água quente;
- Água fria;
- 2 garrafas de vidro sem rótulos.

4.3.1.6.2 Procedimentos

Este experimento está descrito em (Rodrigues; Bispo, 2019). Em um dos dois recipientes, serão colocados 500 ml de água quente e, no outro, 500 ml de água fria, como observado na **Figura 8**. Uma garrafa de vidro, cujo gargalo esteja revestido com a ponta de uma bexiga vazia, será introduzida no recipiente com água quente. A outra garrafa de vidro, cujo gargalo esteja revestido com a ponta de uma bexiga, será introduzida no recipiente com água fria. No recipiente com água quente, em aproximadamente 25 segundos a bexiga estará cheia. No recipiente com água fria, a bexiga não irá encher. Depois do experimento, será feita a seguinte pergunta para os alunos: por que a bexiga se expande do seu tamanho inicial se não há nada visível na garrafa?

Figura 8 – Montagem do sexto experimento



Fonte: Próprio autor (2023).

4.3.1.6.3 Explicação Física

A diferença de comportamento entre um balão cheio de ar quente e um balão cheio de ar frio está relacionada às propriedades físicas dos gases e às leis da Termodinâmica.

Quando o ar dentro de um balão é aquecido, suas moléculas ganham energia cinética, ou seja, elas se movem mais rapidamente.

Esse aumento na energia cinética faz com que as moléculas do ar ocupem um volume maior, ou seja, elas se afastam umas das outras.

Como resultado, o volume total do gás dentro do balão aumenta, e o balão se expande. Se você deseja aumentar o volume do ar em um balão, aquecendo-o a uma pressão constante, a temperatura do ar deve aumentar. Isso fará com que o volume do ar dentro do balão também aumente. Aumentando a temperatura do ar dentro do balão, o volume do ar dentro do balão também aumentará, desde que a pressão seja mantida constante.

Quando o ar dentro de um balão é resfriado, suas moléculas perdem energia cinética, o que significa que elas se movem mais lentamente.

Esse decréscimo na energia cinética faz com que as moléculas do ar ocupem um volume menor, ou seja, elas se aproximam umas das outras.

Conseqüentemente, o volume total do gás dentro do balão diminui, e o balão se contrai.

Isso ocorre de acordo com a Lei de Charles, uma das leis dos gases ideais, a qual estabelece que a pressão constante, o volume de um gás é diretamente proporcional à sua temperatura absoluta (em kelvins). Portanto, quando a temperatura (energia cinética média das moléculas) aumenta, o volume também aumenta, e quando a temperatura diminui, o volume diminui.

4.3.1.7 Experimento 7: Condução térmica em metais

Nesta subseção, abordaremos o sétimo experimento, explicando os materiais usados, os procedimentos seguidos e a explicação física por trás do experimento.

4.3.1.7.1 Materiais utilizados

- Uma vela;

- Uma garrafa de plástico;
- Isqueiro;
- Uma haste metálica;
- Duas presilhas metálicas.

4.3.1.7.2 Procedimentos

Neste experimento, conforme ilustrado na

Figura 9, serão conduzidos os seguintes procedimentos:

- Serão feitos dois furos na garrafa de plástico.
- A haste metálica será inserida entre os dois furos da garrafa.
- Duas presilhas metálicas serão fixadas na haste metálica com pedaços de parafina das velas.
- Uma vela será acesa usando um isqueiro.
- A vela será posicionada próxima à haste metálica.
- O calor gerado pela chama da vela será conduzido pela haste metálica, aquecendo as duas presilhas metálicas.

Conseqüentemente, a presilha metálica que estava mais próxima da vela cairá primeiro. Isso ocorre porque o calor gerado pela chama da vela se propaga por condução através da haste metálica, atingindo, inicialmente, a presilha metálica mais próxima da fonte de calor. Em seguida, após um intervalo de tempo, a presilha metálica mais distante da vela também cairá. A condução térmica é responsável por esse processo gradual de transferência de calor ao longo da haste metálica, que resulta no aquecimento de toda a haste.

Após a realização do experimento, os alunos serão convidados a refletir sobre as seguintes questões: Por que a presilha metálica mais próxima da vela que caiu primeiro? Como podemos definir esse fenômeno? E, finalmente, como as leis da física explicam o que ocorreu durante o experimento?

Figura 9 – Vela, presilhas metálicas e haste metálica



Fonte: Próprio autor (2023).

4.3.1.7.3 Explicação Física

A condução térmica em metais é um fenômeno físico essencial que descreve a transferência de calor através de sólidos metálicos. Esse processo ocorre devido à agitação térmica das partículas constituintes do metal, que incluem íons e elétrons livres. Quando uma diferença de temperatura é estabelecida em um metal, as partículas adquirem energia cinética, resultando em movimento térmico aleatório. Esse movimento das partículas transfere energia cinética de partículas mais quentes para partículas mais frias, promovendo, assim, a difusão de calor pelo material.

A explicação microscópica desse fenômeno envolve dois mecanismos principais:

- **Transporte de Calor por Elétrons Livres:** Os metais têm elétrons livres que podem se mover facilmente dentro da estrutura cristalina do material. Quando há uma diferença de temperatura, os elétrons mais quentes ganham energia cinética adicional e se deslocam de regiões mais quentes para regiões mais frias. Esse movimento de elétrons carregados contribui, significativamente, para a condução térmica em metais.
- **Colisões entre Íons:** Além dos elétrons livres, os íons positivos na estrutura metálica também participam da condução térmica. Eles se movem devido à vibração

térmica e colidem com outros íons. Essas colisões transferem energia cinética e calor ao longo do metal.

4.3.1.8 Experimento 8: Propagação de calor nos fluidos (convecção)

Nesta subseção, abordaremos o oitavo experimento, explicando os materiais usados, os procedimentos seguidos e a explicação física por trás do experimento.

4.3.1.8.1 Materiais utilizados

- Água;
- Duas garrafas do tipo PET (Polietileno tereftalato) de 600 ml;
- Dois corantes de tonalidades diferentes;
- Faca;
- Cola instantânea.

4.3.1.8.2 Procedimentos

Inicialmente, aproximadamente 500 ml de água a temperatura ambiente foram colocados em um recipiente, enquanto em outro recipiente foram colocados 500 ml de água gelada. Em seguida, foi realizada a perfuração das tampas das garrafas de forma que elas tivessem a mesma circunferência e pudessem ser ajustadas uma em relação à outra.

Posteriormente, uma das garrafas foi preenchida com água a temperatura ambiente, enquanto a outra foi preenchida com água gelada. Corantes de cores diferentes foram adicionados a cada uma das águas. Com as tampas perfuradas, a parte lisa superior de uma das tampas foi colada à outra de forma que a parte rosqueável da garrafa permanecesse livre. Em seguida, a parte lateral das garrafas foi envolvida com fita isolante e deixada para secar.

A garrafa contendo água a temperatura ambiente foi posicionada sobre uma mesa ou bancada; em seguida, uma das tampas, já colada, foi enroscada na outra e firmemente apertada. A garrafa contendo água gelada foi colocada sobre a garrafa com água a temperatura ambiente e igualmente apertada para evitar vazamentos. Em questão de minutos, a água a temperatura ambiente que estava na parte inferior da garrafa começou a subir, enquanto a água gelada que estava na parte superior

começou a descer, ocupando o espaço previamente ocupado pela água a temperatura ambiente. A montagem do experimento pode ser observada na **Figura 10**.

Figura 10 – Garrafas com corantes



Fonte: Próprio autor (2023).

Após a execução do experimento, os alunos foram estimulados a responder às seguintes perguntas: Por que a água a temperatura ambiente sobe e a água gelada desce? Qual é o fenômeno que ocorre nesse experimento que explica esse comportamento?

4.3.1.8.3 Explicação Física

O fenômeno descrito, em que a água gelada desce enquanto a água a temperatura ambiente sobe, pode ser explicado pelos princípios da densidade e da convecção térmica.

A densidade da água varia com a temperatura. Quando a água está mais baixa (gelada), ela se torna mais densa, o que significa que as moléculas de água estão mais próximas umas das outras. Por outro lado, a água a temperatura ambiente é menos densa, uma vez que as moléculas estão mais afastadas devido ao aumento da temperatura.

Quando você coloca a garrafa com água gelada sobre a garrafa com água a temperatura ambiente e as conecta, a água gelada, sendo mais densa, tende a se deslocar para baixo, ocupando a parte inferior da garrafa. Ao mesmo tempo, a água a temperatura ambiente, sendo menos densa, sobe para ocupar o espaço acima. Esse

movimento é uma forma de convecção térmica, em que os fluidos se deslocam devido às diferenças de densidade causadas pela variação de temperatura.

Portanto, a água gelada desce e a água a temperatura ambiente sobe porque a densidade da água muda com a temperatura, e a água mais fria é mais densa, enquanto a água mais quente é menos densa, levando a esse movimento de convecção térmica.

4.3.1.9 Experimento 9: Absorção de calor por radiação

Nesta subsecção, abordaremos o nono experimento, explicando os materiais usados, os procedimentos seguidos e a explicação física por trás do experimento.

4.3.1.9.1 Materiais utilizados

- Tesoura;
- Chapa de zinco;
- Tinta spray de cor preta;
- Tinta spray de cor branca.

4.3.1.9.2 Procedimentos

O experimento compreendeu a utilização de uma tesoura para efetuar o corte da chapa de zinco em dois pedaços retangulares, visando à criação de peças que apresentassem dimensões aproximadamente equivalentes em termos de largura e comprimento. Em seguida, uma das placas foi submetida a um processo de pintura na cor branca, enquanto a outra foi pintada de preto. Ambas as placas foram posicionadas sobre uma superfície plana, permitindo que fossem expostas à radiação solar por um período de 5 a 10 minutos, conforme ilustrado na

Figura 11. Após esse intervalo de tempo, os alunos receberam instruções para tocar ambas as placas com as mãos. Nesse momento, observou-se que a placa pintada de preto apresentava uma temperatura mais elevada em comparação com a placa pintada de branco.

Esse fenômeno levantou uma questão intrigante para os alunos: Por que a chapa com coloração preta absorve uma quantidade de calor superior à chapa com coloração branca?

Figura 11 – Placas de Zinco



Fonte: Próprio autor (2023).

4.3.1.9.3 Explicação Física

Esse experimento tem como objetivo mostrar que a radiação se converte em calor somente quando é absorvida por um material, e que materiais de cores escuras têm maior capacidade de absorção de radiação em comparação com materiais de cores claras.

4.4 Análise das respostas dos estudantes e discussão

A análise seletiva das respostas contidas no questionário foi uma decisão estratégica adotada para concentrar nosso estudo nas informações mais relevantes e específicas para os objetivos desta pesquisa, com foco na importância das atividades experimentais para o aprendizado. Optamos por descartar respostas genéricas do tipo "*gostei muito do experimento!*" ou "*a aula do Max foi muito legal!*" porque essas declarações não acrescentavam informações significativas ao nosso objetivo de compreender a eficácia das atividades experimentais no processo de aprendizado. Ao

priorizar a análise das respostas que exploravam a relevância dessas atividades no aprendizado, conseguimos obter uma compreensão mais aprofundada das percepções e experiências dos participantes, tornando nossa pesquisa mais precisa e informativa para o avanço do ensino de qualidade.

No que diz respeito às respostas à primeira pergunta do segundo experimento, é evidente que os alunos obtiveram um entendimento dos conceitos de Termodinâmica apresentados no experimento. Suas respostas demonstraram a capacidade de distinguir entre materiais isolantes e condutores, bem como entender a influência dos elétrons livres na condução de calor. Essa compreensão foi fortalecida pela experiência prática, e os alunos reconheceram o valor da experimentação como ferramenta de aprendizado.

Quanto às respostas à primeira pergunta do terceiro experimento, os alunos também demonstraram uma compreensão ampla do conceito de volatilidade dos materiais, relacionando-o ao processo de evaporação. Suas respostas refletiram a capacidade de aplicar a teoria aprendida em sala de aula às observações feitas durante o experimento, solidificando, assim, seu conhecimento físico.

No caso das respostas à primeira pergunta do quinto experimento, os alunos reforçaram conceitos previamente adquiridos sobre materiais condutores e isolantes. Suas observações práticas, como o gelo derretendo mais rapidamente em certos materiais, consolidaram ainda mais esses conceitos, destacando a eficácia contínua da experimentação no ensino de física.

Em relação às respostas à segunda pergunta sobre a dinâmica das aulas de Física com a realização dos experimentos, os alunos reconheceram, de forma unânime, o valor dessas atividades práticas para tornar as aulas mais completas e envolventes. Eles destacaram que os experimentos os ajudaram a conectar a teoria à prática, tornando o aprendizado mais acessível e atraente.

Finalmente, em relação às respostas à terceira pergunta sobre a experiência com os experimentos, os alunos em todos os casos relataram experiências positivas e enriquecedoras, destacando a importância da experimentação simples, porém eficaz, no processo de aprendizado.

Em suma, os resultados desses experimentos refletem a eficácia da experimentação como uma ferramenta valiosa no ensino de Física. Os alunos não apenas adquiriram uma compreensão mais sólida dos conceitos físicos, mas também apreciaram a dinâmica e a completude que os experimentos trouxeram às aulas.

Essas experiências práticas são cruciais para consolidar o conhecimento e estimular o interesse dos alunos nas ciências físicas.

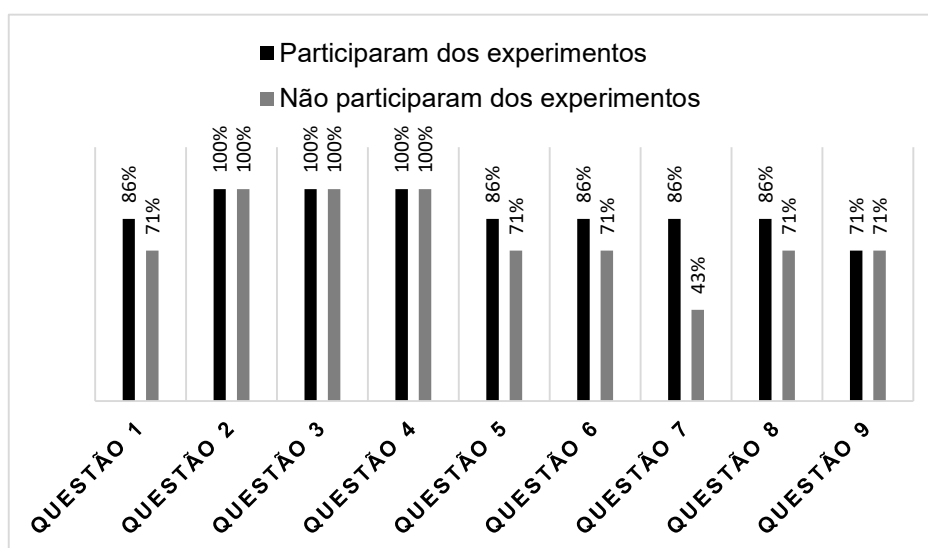
Contudo, mesmo ao utilizar materiais de fácil acesso e baixo custo, é essencial direcionar investimentos significativos para a implementação de laboratórios nas instituições educacionais, bem como para o aprimoramento do sistema de ensino, uma vez que a obtenção de um ensino de Física de elevada qualidade demanda recursos substanciais e a existência de instalações laboratoriais adequadas. Isso se justifica pela comprovação de que a disponibilidade de laboratórios desempenha um papel crucial no aprimoramento do ensino de Física, contribuindo de maneira positiva para a eficácia do processo educativo nessa área do conhecimento.

4.5 Avaliação diagnóstica final

Com o intuito de investigar a influência dos experimentos na ampliação da compreensão dos conceitos teóricos, uma avaliação diagnóstica final foi realizada mediante a utilização de um questionário composto por nove questões de múltipla escolha. Cada uma dessas questões estava diretamente relacionada a um dos experimentos conduzidos (ver Apêndice C).

Tais questionários foram administrados tanto ao grupo composto por sete alunos que participaram, ativamente, dos experimentos, quanto ao grupo composto por outros sete alunos que não tiveram envolvimento nas atividades experimentais (ver Apêndices D e E). A finalidade desse procedimento foi determinar se existiam discrepâncias significativas no desempenho entre os dois grupos em relação ao número de respostas corretas fornecidas. O percentual de acertos nas questões de cada um dos grupos pode ser visualizado na **Figura 12**.

Figura 12 – Percentual de acertos das questões



Fonte: Próprio autor (2023).

O estudo analisou e comparou as respostas das questões de um grupo de estudantes que havia participado, ativamente, de experimentos (anteriormente denominado "grupo de participantes") e um grupo de estudantes que não tinha tido envolvimento nas atividades experimentais (anteriormente denominado "grupo de não participantes"). As respostas foram obtidas de um questionário de múltipla escolha composto por nove questões, e os resultados foram apresentados de forma percentual. A análise dos dados foi conduzida com o objetivo de avaliar se a participação em experimentos influenciou o desempenho dos estudantes nas questões.

Na Questão 1, observa-se que o grupo de participantes obteve uma taxa de acerto de 86%, enquanto o grupo de não participantes apresentou uma taxa de acerto ligeiramente inferior, de 71%. Essa discrepância sugere que a participação nos experimentos pode ter contribuído para um desempenho ligeiramente superior no grupo de participantes.

Questões 2 a 4 apresentam uma peculiaridade interessante, em que ambos os grupos alcançaram uma taxa de acerto de 100%. Isso pode indicar que os tópicos abordados nessas questões eram de natureza mais teórica, sendo compreendidos igualmente por ambos os grupos, independentemente de sua participação nos experimentos.

Nas Questões 5 e 6, novamente, observa-se uma diferença nas taxas de acerto entre os grupos. O grupo de participantes obteve uma taxa de acerto de 86%,

enquanto o grupo de não participantes alcançou 71%. Essa tendência sugere que a participação nos experimentos pode ter contribuído para um melhor entendimento dos conceitos abordados nas questões.

Na Questão 7, destaca-se uma diferença notável nas taxas de acerto. O grupo de participantes obteve uma taxa de acerto de 86%, enquanto o grupo de não participantes alcançou 43%. Isso aponta, fortemente, para uma influência positiva da participação nos experimentos na compreensão dos conceitos relacionados a essa questão.

A Questão 8, novamente, revela diferença nas taxas de acerto, com o grupo de participantes obtendo 86% de acertos e o grupo de não participantes registrando 71%. Isso sugere que a participação nos experimentos pode ter um impacto positivo na compreensão dos tópicos abordados.

Por fim, a Questão 9 apresenta uma situação na qual ambos os grupos obtiveram uma taxa de acerto de 71%. Isso indica que, nesse caso específico, a participação nos experimentos pode não ter exercido uma influência distinta no desempenho dos estudantes.

Em síntese, a leitura dos dados aponta que a participação nos experimentos parece ter uma influência positiva na compreensão dos conceitos abordados nas questões, com o grupo de participantes geralmente alcançando taxas de acerto superiores. Contudo, é importante notar que essa tendência não é uniforme em todas as questões, sugerindo que a relação entre a participação nos experimentos e o desempenho nas questões pode variar dependendo do contexto e do conteúdo específico das questões em análise. Portanto, é necessário um estudo mais aprofundado para compreender plenamente essa relação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No âmbito do ensino de Física, a utilização de materiais de baixo custo e de fácil acesso em atividades experimentais desempenha um papel fundamental. Esses recursos acessíveis viabilizam a realização de experimentos de maneira eficaz, tornando o aprendizado da Física mais tangível e envolvente para os estudantes. Nesse contexto, a análise seletiva das respostas contidas no questionário, como mencionado anteriormente, foi uma estratégia crucial adotada para concentrar nosso estudo nas informações mais relevantes e específicas em relação aos objetivos desta pesquisa, com um foco acentuado na importância das atividades experimentais para o aprendizado. Optamos por descartar respostas genéricas tais como "gostei muito do experimento!" ou "a aula do Max foi muito legal" porque essas declarações não acrescentavam informações significativas ao nosso objetivo de compreender a eficácia das atividades experimentais no processo de aprendizado. Ao priorizar a análise das respostas que exploravam a relevância dessas atividades no aprendizado, conseguimos obter uma compreensão mais aprofundada das percepções e experiências dos participantes, tornando nossa pesquisa mais precisa e informativa.

Em suma, os resultados desses experimentos refletiram a eficácia da experimentação como uma ferramenta valiosa no ensino de Física. Os alunos não apenas adquiriram uma compreensão mais sólida dos conceitos físicos, mas também apreciaram a dinâmica e a completude que os experimentos trouxeram às aulas. Essas experiências práticas são cruciais para consolidar o conhecimento e estimular o interesse dos alunos nas ciências físicas.

Contudo, é imprescindível reconhecer que, mesmo com a utilização de recursos de baixo custo e amplamente acessíveis, a alocação de recursos substanciais para a instalação de laboratórios nas instituições de ensino, bem como o aprimoramento do sistema educacional, apresenta-se como uma necessidade inquestionável. A presença de laboratórios desempenha um papel de extrema relevância na melhoria do ensino de Física, contribuindo de maneira significativa para a eficácia do processo educativo no contexto do ensino investigativo. Dessa forma, a progressão de um ensino de Física de alta qualidade requer investimentos substanciais e a disponibilidade de instalações laboratoriais adequadas, enfatizando a importância central do ensino investigativo no contexto da educação científica. Além disso, Vale destacar que, atualmente, o número de aulas de Física no ensino médio é

significativamente reduzido, e as mudanças propostas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) têm agravado essa situação. Nesse contexto, é fundamental reconhecer a importância do aumento do número de aulas de Física e do tempo dedicado a essa disciplina. Isso possibilita uma exploração mais aprofundada dos conceitos e práticas, preparando os estudantes de maneira mais sólida para enfrentar desafios futuros no campo da ciência e tecnologia.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. S. T. de; ABIB, M. L. V. dos S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, n. 2, p. 176-194, 2003. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/abakos/article/view/P.2316-9451.2016v4n2p71/9532>. Acesso em: 29 abr. 2023.

BARBOSA, A. C.; GONÇALVES, W.; CHAVES, A. P. Estrutura curricular do ensino de Física: desafios para implementação de práticas experimentais no Ensino Médio. **Ciência & Educação**, 25(1), p. 127-146, 2019.

BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR (BNCC), 2018. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Downloads/nayperovano,+Texto+9+-+Diagramado.pdf>. Acesso em: 26 maio 2023.

BRAGA, M. C. F. T.; CARVALHO, R. S. Ensinando termodinâmica através de uma sequência de ensino investigativa. **Revista Experiência em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 2, 2021. Disponível em: [file:///C:/Users/User/Downloads/Braga%202021%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/Braga%202021%20(3).pdf). Acesso em: 25 maio 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio**. Brasília - DF, 1997. Disponível em: file:///C:/Users/User/Downloads/layde_queiroz,+992-Outros-4788-2-10-20200605.pdf. Acesso em: 28 maio 2023.

D'ÁVILA, A. N. L. N. **Utilização de materiais de baixo custo no ensino de Física**. 1999. Tese (Especialização de Ciências e Matemática – Área de concentração: Física) - UNESP - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Bauru. 1999. Disponível em: <http://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/mono-ana.htm>. Acesso em: 7 maio 2023.

DRIVER, R.; NEWTON, P.; OSBORNE, J. Estabelecer as normas da argumentação Científica nas salas de aula. **Educação Científica**, 84(3), p. 287-312, 2000.

DUARTE, S. E. Física Para o Ensino Médio usando simulações e experimentos de baixo custo: um exemplo abordando dinâmica da rotação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 1, p. 525-542, set. 2012. Disponível em: <https://periodico.s.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2012v29nesp1p525/22934>. Acesso em: 7 maio 2023.

ETKINA, E.; HEUVELEN, A. V.; WHITE-BRAHMIA, S.; BROOKES, D. T.; GENTILE, M.; MURTHY, S.; ... ZOU, X. Habilidades Científicas e sua avaliação. **Tópicos Especiais de Revisão em Física: Pesquisa de Educação em Física**, 2(2), 020103, 2006.

FREIRE JUNIOR, O. **Formação de professores de física no Brasil**. **Ciência & Educação**, 22(2), p. 307-322, 2016.

GAGLIARDI, E.; AMARAL, H. **Sequências didáticas e ensino de gêneros discursivos**: breve síntese. Diálogos assessoria, 2015. Disponível em: <https://dialogosassessoria.wordpress.com/2015/10/21/sequencias-didaticas-e-ensino-de-generos-discursivos-breve-sintese/>. Acesso em: 22 maio 2023.

GASPAR, A. **Atividades experimentais no ensino de física**: uma nova visão baseada na teoria de Vigotski. São Paulo: Livraria da Física, 2014. Disponível em: http://www.exatas.ufpr.br/portal/ppgecm/wp-content/uploads/sites/27/2021/09/170_PRICILA-APARECIDA-GRITTEM-DA-SILVA-LINDOLM.pdf#page=50. Acesso em: 28 abr. 2023.

HAKE, R. R. Engajamento interativo versus métodos tradicionais: uma pesquisa com seis mil alunos sobre dados de testes de Mecânica para cursos introdutórios de Física. **Jornal Americano de Física**, 66(1), p. 64-74, 1998.

JOHNSON, A.; SMITH, B.; SILVA, C. Aprimorando o aprendizado da Termodinâmica com experimentos práticos. **Revista de Educação em Química**, 96(4), p. 769-774, 2019.

KAWAMURA, M. K. O currículo de física do ensino médio brasileiro: avanços e desafios. **Ciência & Educação**, 24(2), p. 353-369, 2018.

LANCOR, R. A. Avaliar o impacto da aprendizagem baseada em investigação na compreensão dos alunos sobre os conceitos de força e movimento. **Tópicos Especiais de Revisão em Física**: Pesquisa de Educação em Física, 11(2), 020103, 2015.

LIMA, A. A.; OLIVEIRA, A. M. Experimentos de Física: renovando a prática docente com materiais de baixo custo. **Revista de Pesquisa Interdisciplinar**, Cajazeiras, v. 1, Ed. Especial, p. 259-264, set. - dez. 2016. Disponível em: [file:///C:/Users/User/Downloads/Atividades%20experimentais%20um%20caminho%20para%20o%20ensino%20de%20Termodina%CC%82mica%20no%20Ensino%20Me%CC%81dio%20\(4\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/Atividades%20experimentais%20um%20caminho%20para%20o%20ensino%20de%20Termodina%CC%82mica%20no%20Ensino%20Me%CC%81dio%20(4).pdf). Acesso em: 9 abr. 2023.

LIMA, C. C.; SPERANDEO-MINEO, R. M. O ensino de física e a contextualização no currículo. **Ciência & Educação**, 21(1), p. 103-118, 2015.

LIMA, D. F. A importância da sequência didática como metodologia no ensino da disciplina de Física moderna no ensino médio. **Rev. Triang.**, Uberaba-MG, v. 11, n. 1, p. 151-162, jan. - abr. 2018. Disponível em: [file:///C:/Users/User/Downloads/Lima%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/Lima%20(1).pdf). Acesso em: 13 maio 2023.

LIMA, J. de. **Sequência didática para o ensino da Termodinâmica**. 2016. 97f. Tese (Mestrado em Física) - UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão. 2016. Disponível em: <https://repositorio.uftpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2689/2/sequenciadidaticaensinotermodinamica.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2023.

LINDOLM, P. A. G. da S. **Investigando as atividades experimentais na prática de docência em ensino de Física**. 2019. 205f. Tese (Mestrado em Educação em

Ciências e Matemática) - UFP - Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2019. Disponível em: http://www.exatas.ufpr.br/portal/ppgecm/wp-content/uploads/sites/27/2021/09/170_PRICILA-APARECIDA-GRITTEM-DA-SILVA-LINDOLM.pdf#page=50. Acesso em: 26 abr. 2023.

MAZARO, S. B.; DARROZ, L. M. Atividades experimentais: um caminho para o ensino da Termodinâmica no ensino médio. **Caderno de Física da UEFS**, Passo Fundo-RS, v. 15, n. 2, p. 1-11, 2017. Disponível em: [file:///C:/Users/User/Downloads/Atividades%20experimentais%20um%20caminho%20para%20o%20ensino%20de%20Termodina%CC%82mica%20no%20Ensino%20Me%CC%81dio%20\(10\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/Atividades%20experimentais%20um%20caminho%20para%20o%20ensino%20de%20Termodina%CC%82mica%20no%20Ensino%20Me%CC%81dio%20(10).pdf). Acesso em: 25 abr. 2023.

MENDES, R. M. B. Dificuldades dos alunos do Ensino Médio com a Física e os Físicos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 17, 2007, São Luis. **Anais...** São Paulo: SBF, 2007. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/1RYjKXJZFH1m_ZsR0DUnHhsDc5mgTYCJ/view. Acesso em: 4 maio 2023.

MORAES, J. U. P.; JUNIOR, R. S. S. Experimentos didáticos no ensino de Física com foco na aprendizagem significativa. **Revista Latino-Americana de educação em Física**, v. 9, n. 2, p. 1-5, jun. 2015. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Downloads/Moraes%20e%20Silva%20Junior%202015.pdf>. Acesso em: 6 maio 2023.

MOREIRA, M. A. A Teoria da Aprendizagem Significativa segundo Ausubel, In: Masini, E. F. S.; Moreira, M. A., **Aprendizagem Significativa: Condições de ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos**, São Paulo, 2008. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Downloads/Moraes%20e%20Silva%20Junior%202015.pdf>. Acesso em: 7 maio 2023.

NOBRE, S.; REIS, A. Usando a tecnologia digital para aprimorar o ensino e a aprendizagem de Física nas escolas brasileiras. **Educação e Tecnologias de Informação**, 24(1), p. 273-292, 2019.

OLIVEIRA, M. M. Metodologia interativa: um processo hermenêutico dialético. **Revista Educação**: Porto Alegre: INTERFACES BRASIL/CANADÁ, v. 1, n. 1, 2001. Disponível em: [file:///C:/Users/User/Downloads/Lima%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/Lima%20(1).pdf). Acesso em: 13 maio 2023.

OLIVEIRA, M. M. de. **Sequência didática interativa no processo de formação de professores**. Petrópolis: Vozes, 2013. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Downloads/Ugalde%202020.pdf>. Acesso em: 10 maio 2023.

PERUZZO, J. **Experimentos da física básica: Termodinâmica, ondulatória e óptica**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2012. Disponível em: https://feditorial.com.br/wp-content/uploads/2022/04/9788578611729_Experimentos-de-Fisica-Basica-vol-02.pdf. Acesso em: 30 abr. 2023.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A.; ALTARRIBA, A. **Ensinar e aprender Ciências e o significado da Educação Científica**. Ensino de Ciências, 24(1), p. 7-32, 2006.

RODRIGUES, C. G.; BISPO, E. S. Sugestões de experimentos de fácil acesso para o ensino de termodinâmica. **Revista Physicae Organum**, Brasília, v. 6, n. 2, p. 89-102, 2019. Disponível em: file:///C:/Users/User/Downloads/RODRIGUES,+Sugestoes_de_experimentos_de_facil_acesso_para_o_ensino_de_termodinamica.pdf. Acesso em: 8 mar. 2023.

ROSA, C. T. W. da; ROSA, Á. B. da. Atividades experimentais na perspectiva construtivista: proposta de organização de roteiro para aulas de Física. **Física na Escola**, v. 13, n. 1, p. 1-7, 2012. Disponível em: file:///C:/Users/User/Downloads/Atividades%20experimentais%20um%20caminho%20para%20o%20ensino%20de%20Termodina%CC%82mica%20no%20Ensino%20Me%CC%81dio%20(13).pdf. Acesso em: 7 maio 2023.

ROSITO, B. A. O ensino de ciências a experimentação. In: MORAES, R. (org.). **Construtivismo e ensino de ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas**. 3. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, p. 195-208, 2008. Disponível em: http://www.exatas.ufpr.br/portal/ppgecm/wp-content/uploads/sites/27/2021/09/170_PRICILA-APARECIDA-GRITTEM-DA-SILVA-LINDOLM.pdf#page=50. Acesso em: 28 abr. 2023.

SAMPAIO, J. L.; CALÇADA, C. S. **Física**. 2. ed. São Paulo: Atual, 2005, p. 165. Vol. Único.

SEED. **Diretrizes Curriculares de Física para a Educação Básica**. Curitiba/PR, 2008. Disponível em: file:///C:/Users/User/Downloads/Atividades%20experimentais%20um%20caminho%20para%20o%20ensino%20de%20Termodina%CC%82mica%20no%20Ensino%20Me%CC%81dio%20(13).pdf. Acesso em: 7 maio 2023.

SÉRÉ, M. G.; COELHO, S. M.; NUNES, A. D. O papel da experimentação no ensino da Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Santa Catarina, v. 20, n. 1, p. 30-42, abr. 2003. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/abakos/article/view/P.2316-9451.2016v4n2p71/9532>. Acesso em: 29 abr. 2023.

SILVA, G. M. da. **Aprendizagem de termodinâmica e abordagem CTSA: uma proposta a partir de uma sequência didática**. 2019. 60f. (TCC de Licenciatura em Química) - UFPE - Universidade Federal de Pernambuco. Caruaru. 2019. Disponível em: file:///C:/Users/User/Downloads/Silva%202019%20(1).pdf. Acesso em: 11 maio 2023.

SILVA, W. A. da; SILVA, L. H. da; LIMA, R. da S.; SILVA, D. F. dos S.; CORREIA, J. M. A importância de aulas experimentais no ensino de química aliada ao uso de materiais de baixo custo. **Conedu. VI Congresso Nacional de Educação**, 2019. Disponível em: file:///C:/Users/User/Downloads/TRABALHO_EV127_MD1_SA16_ID2012_25092019125153%20(1).pdf. Acesso em: 24 maio 2023.

SMITH, B.; SILVA, C. O aprendizado prático melhora a compreensão da termodinâmica pelos estudantes de engenharia. **Revista Internacional de Educação em Engenharia Mecânica**, 45(4), p. 265-277, 2017.

SOUZA, R. B de. **Sequência didática para o ensino das leis da termodinâmica e máquinas térmicas**. 2019. 135f. Tese (Mestrado em Física) - UTFP - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão. 2019. Disponível em: file:///C:/Users/User/Downloads/Souza%202019.pdf. Acesso em: 9 maio 2023.

UGALDE, M. C. P.; ROWEDER, C. Sequência didática: uma proposta metodológica de ensino-aprendizagem. **Revista de estudos e pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, v. 6, p. 1-12, 2020. Disponível em: file:///C:/Users/User/Downloads/Ugalde%202020.pdf. Acesso em: 9 maio 2023.

VALENTE, J. A. Formação de professores no Brasil: dilemas e perspectivas. **Revista Brasileira de Educação**, 22, e220034, 2017.

WURZ, G. Momento Angular: Uma proposta para o ensino de Física, utilizando experimentos lúdicos. **Caderno de publicações acadêmicas**, v. 1, p. 71–79, 2012. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/1RYjKXJZFVH1m_ZsR0DUnHsDc5mgTYCJ/view. Acesso em: 4 abr. 2023.

APÊNDICES

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO COM AS RESPOSTAS DOS ALUNOS ANTES DA REALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS

1) Você sabe o que é termodinâmica e o que ela estuda?

Aluno A: “Sim, estuda as leis da energia.”

Aluno B: “Estuda as leis da Física como o calor específico.”

Aluno C: “Estuda o calor e as formas de transformações de energia.”

Aluno D: “Estudam as leis que regem as relações entre o calor.”

Aluno E: “Acho que é algo relacionado a calor, temperatura, ela estuda o calor e sua troca.”

Aluno F: “Sim, estuda a variação de temperatura.”

Aluno G: “A Termodinâmica e o estudo da temperatura do ambiente.”

2) Na sua opinião, quais as vantagens de se realizar experimentos?

Aluno A: “Descobrir reações.”

Aluno B: “Por em prática as teorias físicas.”

Aluno C: “Para uma melhor compreensão do assunto e também, um maior incentivo a curiosidade.”

Aluno D: “Você consegue entender melhor como a Física funciona e seus conceitos.”

Aluno E: “Pois além de aprender na prática, nós podemos ter um entendimento melhor fazendo o experimento.”

Aluno F: “É importante pois na prática me faz aprender melhor e tirar as dúvidas que sempre tenho.”

Aluno G: “Na minha opinião estudar e realizar experimento facilita o aprendizado da matéria.”

3) Na sua opinião, qual a importância de se estudar física?

Aluno A: “Acredito que sem a Física não poderiam explicar a força da luz e várias outras perguntas que a Física responde.”

Aluno B: “Para explicar fenômenos naturais. Como ondas sonoras.”

Aluno C: “Física estuda a natureza e seus fenômenos naturais, os fenômenos de calor, som e ópticas.”

Aluno D: “É importante porque querendo ou não, ela está no nosso cotidiano, mesmo a gente não percebendo.”

Aluno E: “Acho que para entendermos melhor a terra, como a gravidade, velocidade, força e massa, etc.”

Aluno F: “É importante pois a física está frequentemente no nosso cotidiano.”

Aluno G: “Na minha opinião não vejo tanta necessidade de aprofundar tanto pois nem todos nós vamos seguir em áreas de serviço que envolvem Física.”

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO E RESPOSTAS DOS ALUNOS DEPOIS DA REALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS

PRIMEIRO EXPERIMENTO

1) Quais os aprendizados que você teve com a realização do experimento?

Aluno A: “Que a água atrasa o processo do aumento de Calor. Sendo assim, o balão demora a explodir comparado ao balão sem água.”

Aluno B: “Porque a bexiga apenas com ar estourou? O calor específico dela é 0,24 cal dividido por gramas vezes graus Celcius. Este calor específico tem o valor abaixo consequentemente o látex da bexiga se aquece mais rapidamente fazendo com que a bexiga estoure rapidamente. Porque a bexiga com água não estourou? Porque a água tem um calor específico de 1 cal dividido por gramas vezes graus celsius, então o calor específico da água é bem maior que o do ar. Consequentemente a água absorve calor produzido pela chama da vela fazendo com que a bexiga não estoure, $I = P/A$, em que I é a intensidade de calor, P é a potência de calor e A é a área, que o calor específico da água foi maior.”

Aluno E: “A potência e a intensidade no calor específico da bexiga com água e sem água.”

Aluno F: “Aprendi que a bexiga só explode se atingir um calor específico.”

2) Na sua opinião, as aulas de Física com os experimentos se tornam aulas mais completas e dinâmicas?

Aluno A: “Sim.”

Aluno B: “Sim é mais fácil.”

Aluno E: “Sim, pois conseguimos praticar.”

Aluno F: “Sim, pois os experimentos já são alto explicativo.”

3) Qual foi sua experiência com o experimento?

Aluno A: “Boa.”

Aluno B: “Boa.”

Aluno E: “Excelente.”

Aluno F: “Excelente.”

4) Você consegue me explicar os fenômenos físicos envolvidos neste experimento?

Aluno A: “Não.”

Aluno B: “Calor específico.”

Aluno E): “O calor específico da bexiga sem água o calor dela é baixo então estourou mais rápido. Já a bexiga com água o calor específico dela é maior então ia demorar a estourar.”

Aluno F: “Sim, com um pouco mais de estudo.”

SEGUNDO EXPERIMENTO

1) Quais os aprendizados que você teve com a realização do experimento?

Aluno A: “Que existe materiais isolantes e condutores. Ex: a madeira esquenta menos rápido que o ferro.”

Aluno B: “Saber que a colher de madeira é um isolante térmico.”

Aluno C: “Aliou a prática e a teoria, ajudando na compreensão e o entendimento do conteúdo visto em aula.”

Aluno D: “Apreendi sobre a diferença de temperatura entre uma colher de metal e a de madeira, pois a madeira é um isolante térmico, enquanto a colher de metal possui elétrons livres por isso esquenta mais rápido.”

Aluno E: “Eu consegui compreender o que era elétrons livres, isolante e condutor.”

Aluno F: “Eu aprendi o que acontece quando e porque esquenta mais rápido determinado objeto e descobri o que é elétrons livres.”

Aluno G: “Eu aprendi que o copo de alumínio gela mais devido os elétrons livres que estão em volta do alumínio.”

2) Na sua opinião, as aulas de Física com os experimentos se tornam aulas mais completas e dinâmicas?

Aluno A: “Sim.”

Aluno B: “Sim.”

Aluno C: “Sim, os experimentos foram uma intenção dos assuntos vistos em sala.”

Aluno D: “Com certeza.”

Aluno E: “Sim, pois conseguimos ver na prática o que só vemos no papel.”

Aluno F: “Sim, deu para entender melhor.”

Aluno G: “Sim, pois o aprendizado é melhor na prática.”

3) Qual foi sua experiência com o experimento?

Aluno A: “Boa.”

Aluno B: “Excelente.”

Aluno C: “Boa.”

Aluno D: “Excelente.”

Aluno E: “Excelente.”

Aluno F: “Excelente.”

Aluno G: “Excelente.”

4) Você consegue me explicar os fenômenos físicos envolvidos neste experimento?

Aluno A: “Sim, os elétrons na madeira não conseguem percorrer por completo por conta que ela é um material isolante. Já os elétrons no alumínio conseguem correr livremente por conta que ele é um material bom condutor. Os elétrons ficam “presos” no núcleo na colher de madeira e ficam “soltos” na colher de alumínio.”

Aluno B: “Sim, nos materiais usados alumínio e madeira, a madeira por ser um isolante térmico os elétrons livres não percorrem todo o material, já no alumínio os elétrons livres percorrem todo o material.”

Aluno C: “Absorção de calor.”

Aluno D: “Sim, um exemplo disso é a colher de metal que quando colocada no fogo, esquenta rápido pois ela possui elétrons livres, outro exemplo é o nosso corpo, quando fazemos exercícios na academia nós machucamos o nosso músculo, isso faz com que ele cresça.”

Aluno E: “Sim, a colher de alumínio esquentou mais rápido, por ser um condutor, já a colher de madeira ela esquentou menos por ser um isolante térmico, no material condutor os elétrons livres percorrem as colheres esquentando mais rápido, já a colher de madeira que é isolante os elétrons livres ficam presos no núcleo então ele não percorre a colher, só até um certo ponto.”

Aluno F: “Sim, como a madeira é um isolante térmico ela demora mais pra aquecer, já o metal vai ser mais rápido por ter elétrons livres, já a madeira não.”

Aluno G: “Sim, são os elétrons livres que giram em volta do copo de alumínio fazendo a bebida permanecer mais gelada.”

TERCEIRO EXPERIMENTO

1) Quais os aprendizados que você teve com a realização do experimento?

Aluno A: “Eu aprendi que quanto mais volátil, mais rápido de evaporar.”

Aluno B: “Aprendi que a água é mais volátil.”

Aluno C: “Que os materiais com maior volatibilidade tendem a evaporar com mais facilidade.”

Aluno D: “Que a água evapora mais rápido que o álcool em gel. Por conta que a água é mais volátil que o álcool que é pastoso.”

Aluno E: “Que a água é mais volátil que o álcool pastoso, ou seja, quanto mais volatibilidade mais rápido evapora.”

Aluno F: “Eu aprendi que quanto mais volátil o líquido, mais rápido ele evapora.”

Aluno G: “Quando mais volátil o líquido a evaporação ocorre mais rápido.”

2) Na sua opinião, as aulas de Física com os experimentos se tornam aulas mais completas e dinâmicas?

Aluno A: “Sim, pois se torna mais fácil e interessante de aprender.”

Aluno B: “Sim, é bem melhor pra entender.”

Aluno C: “Sim, porque eles são uma extensão do conteúdo aprendido em sala.”

Aluno D: “Sim.”

Aluno E: “Sim, pois conseguimos compreender melhor com os experimentos.”

Aluno F: “Sim, pois aprendemos na prática o que nos faz lembrar melhor para estudar.”

Aluno G: “Sim.”

3) Qual foi sua experiência com o experimento?

Aluno A: “Excelente.”

Aluno B: “Excelente.”

Aluno C: “Boa.”

Aluno D: “Boa.”

Aluno E: “Excelente.”

Aluno F: “Boa.”

Aluno G: “Excelente.”

4) Você consegue me explicar os fenômenos físicos envolvidos neste experimento?

Aluno A: “Quanto mais volátil maior a evaporação.”

Aluno B: “Sim, a água é mais volátil que o álcool pastoso. A volatilidade é mais propenso a evaporação.”

Aluno C: “A volatilidade, quando um material é volátil tem mais facilidade de evaporar.”

Aluno D: “Aprendemos sobre volatilidade, quanto mais volátil é uma substância mais rápido ela evapora.”

Aluno E: “Que quanto mais volátil a solução maior a evaporação.”

Aluno F: “Sim, quanto mais volátil o líquido maior a evaporação.”

Aluno G: “O líquido evapora mais rapidamente quando é mais volátil.”

QUARTO EXPERIMENTO

1) Quais os aprendizados que você teve com a realização do experimento?

Aluno A: “Aprendi que água quente ficou gelada e a gelada ficou quente por causa da sensação térmica. Achei bastante interessante, não sabia que isso aconteceria.”

Aluno D: “Sensação térmica e equilíbrio térmico.”

Aluno E: “Sensação térmica e o equilíbrio térmico.”

Aluno F: “Aprendi que quando coloca algo muito quente ou muito frio em temperatura ambiente ocorre um equilíbrio térmico.”

2) Na sua opinião, as aulas de Física com os experimentos se tornam aulas mais completas e dinâmicas?

Aluno A: “Sim.”

Aluno D: “Com certeza.”

Aluno E: “Sim.”

Aluno F: “Sim, pois aprende melhor.”

3) Qual foi sua experiência com o experimento?

Aluno A: “Excelente.”

Aluno D: “Muito boa.”

Aluno E: “Excelente.”

Aluno F: “Excelente.”

4) Você consegue me explicar os fenômenos físicos envolvidos neste experimento?

Aluno A: “Variação de temperatura, onde o que estava com a sensação térmica “o” ganhou para ficar igual o que estava.”

Aluno D: “Quando você põe a mão na água quente e depois coloca na água natural a mão fica fria porque ela precisa ficar em um equilíbrio exato com a água, e o mesmo ocorre com a água fria.”

Aluno E: “Quando agente coloca a mão na bacia de água quente e na de água gelada e a mão fica com a mesma temperatura e depois colocamos as mãos na bacia de água ambiente, há um equilíbrio térmico, a mão que estava quente ficou fria e a mão que estava fria ficou quente.”

Aluno F: “Sim, acontece uma variação de temperatura pois a mão que estava na água quente ficou fria para chegar na temperatura da água de temperatura ambiente e como nessa na da mão gelada também começou a esquentar pra ficar na temperatura da água.”

QUINTO EXPERIMENTO

1) Quais os aprendizados que você teve com a realização do experimento?

Aluno A: “Meu aprendizado foi, o gelo no alumínio derreteu muito mais rápido do que na lã.”

Aluno B: “Que o papel alumínio esquentava mais rápido.”

Aluno C: “Quais objetos tem elétrons livres ou não.”

Aluno D: “Aprendi sobre condutores e isolantes.”

Aluno E: “Condutores, isolantes e elétrons livres.”

Aluno F: “Aprendi novamente sobre os elétrons livres que tem em alguns objetos e outros não.”

Aluno G: “Que a lã é isolante e o papel alumínio condutor.”

2) Na sua opinião, as aulas de Física com os experimentos se tornam aulas mais completas e dinâmicas?

Aluno A: “Sim.”

Aluno B: “Sim.”

Aluno C: “Sim.”

Aluno D: “Sim, pois com a prática fica mais fácil de entender.”

Aluno E: “Sim, pois aprendemos na prática.”

Aluno F: “Sim.”

Aluno G: “Sim, facilita no aprendizado.”

3) Qual foi sua experiência com o experimento?

Aluno A: “Excelente.”

Aluno B: “Boa.”

Aluno C: “Excelente.”

Aluno D: “Boa.”

Aluno E: “Excelente.”

Aluno F: “Excelente.”

Aluno G: “Boa.”

4) Você consegue me explicar os fenômenos físicos envolvidos neste experimento?

Aluno A: “A lã é isolante, e o alumínio é condutor, sendo assim o gelo derreteu mais rápido no alumínio.”

Aluno B: “Que o material que tem elétrons livres esquenta mais rápido.”

Aluno C: “Condutor e isolante, e a movimentação de elétrons livres.”

Aluno D: “O que aconteceu foi que o gelo que está no alumínio derreteu mais rápido porque o alumínio é um condutor térmico e o gelo da lã demorou para derreter porque a lã é um condutor isolante.”

Aluno E: “O gelo derreteu mais no papel alumínio por ele ser um condutor e ter elétrons livres, já no gelo na lã derreteu menos por ser isolante.”

Aluno F: “Sim, o gelo derrete mais rápido no alumínio porque o alumínio é condutor térmico, já a lã é isolante térmico.”

Aluno G: “A lã foi isolante e o papel alumínio condutor.”

SEXTO EXPERIMENTO

1) Quais os aprendizados que você teve com a realização do experimento?

Aluno A: “Aprendi que a garrafa aquecida fez com que a bexiga se expandisse.”

Aluno C: “Eu aprendi mais com os experimentos, e me aprofundei no que foi passado em sala.”

Aluno E: “Sobre os gases e o que acontece quando eles são aquecidos e esfriados.”

Aluno F: “Que dependendo da temperatura da água uma bexiga pode ou não ser expandida.”

2) Na sua opinião, as aulas de Física com os experimentos se tornam aulas mais completas e dinâmicas?

Aluno A: “Sim.”

Aluno C: “Sim, muito.”

Aluno E: “Sim, pois conseguimos aprender na prática.”

Aluno F: “Sim pra aprendermos.”

3) Qual foi sua experiência com o experimento?

Aluno A: “Excelente.”

Aluno C: “Excelente.”

Aluno E: “Excelente.”

Aluno F: “Excelente.”

4) Você consegue me explicar os fenômenos físicos envolvidos neste experimento?

Aluno A: “Quando os gases são aquecidos eles se expandem, já quando são esfriados não.”

Aluno C: “A agitação das moléculas de acordo com a temperatura.”

Aluno E: “Os gases quando aquecidos se expandem e quando eles são esfriados eles não se expandem.”

Aluno F: “Aprendi que os gases quando são aquecidos eles se expandem diferente de quando esfria que eles se comprimem.”

SÉTIMO EXPERIMENTO

1) Quais os aprendizados que você teve com a realização do experimento?

Aluno A: “Aprendemos sobre a propagação de calor por condução.”

Aluno C: “Eu me aprofundei na matéria.”

Aluno E: “Reforcei o aprendizado sobre a propagação de calor por condução térmica.”

Aluno F: “Reforcei o aprendizado sobre propagação de calor por condução.”

2) Na sua opinião, as aulas de Física com os experimentos se tornam aulas mais completas e dinâmicas?

Aluno A: “Sim.”

Aluno C: “Sim.”

Aluno E: “Sim, aprendemos na prática.”

Aluno F: “Sim, pois aprender melhor com as práticas.”

3) Qual foi sua experiência com o experimento?

Aluno A: “Excelente.”

Aluno C: “Excelente.”

Aluno E: “Excelente.”

Aluno F: “Excelente.”

4) Você consegue me explicar os fenômenos físicos envolvidos neste experimento?

Aluno A: “Condução, propagação de calor por condução térmica.”

Aluno C: “Propagação de calor por indução.”

Aluno E: “Transferência de calor, propagação de calor por condução térmica.”

Aluno F: “Sim, teve uma transferência de calor por condução.”

OITAVO EXPERIMENTO

1) Quais os aprendizados que você teve com a realização do experimento?

Aluno A: “Propagação de calor por convecção.”

Aluno C: “Sobre a propagação de calor por convecção.”

Aluno D: “Aprendi propagação de calor por convecção.”

Aluno E: “A propagação de calor por meio da convecção.”

Aluno F: “Aprendi sobre propagação de calor por convecção.”

Aluno G: “Aprendi propagação de calor por convecção.”

2) Na sua opinião, as aulas de Física com os experimentos se tornam aulas mais completas e dinâmicas?

Aluno A: “Sim.”

Aluno C: “Sim, ensinam na prática o que nos é passado em teoria.”

Aluno D: “Com certeza.”

Aluno E: “Sim, pois aprendemos na prática.”

Aluno F: “Sim, assim não esquecemos o que estudamos.”

Aluno G: “Sim.”

3) Qual foi sua experiência com o experimento?

Aluno A: “Excelente.”

Aluno C: “Excelente.”

Aluno D: “Boa.”

Aluno E: “Excelente.”

Aluno F: “Excelente.”

Aluno G: “Excelente.”

4) Você consegue me explicar os fenômenos físicos envolvidos neste experimento?

Aluno A: “Propagação de calor por convecção onde o ar quente sobe e o ar frio desce.”

Aluno C: “Propagação de calor por convecção, o ar frio desce e o ar quente sobe.”

Aluno D: “Aprendi que nos fluidos o calor pode se propagar por convecção.”

Aluno E: “Com a propagação de calor por meio da convecção o ar quente sobe e o ar frio desce.”

Aluno F: “Sim, na convecção é uma forma de propagação de calor onde o ar quente sobe e o ar frio desce.”

Aluno G: “Aprendi que nos fluidos o calor pode se propagar por convecção.”

NONO EXPERIMENTO

1) Quais os aprendizados que você teve com a realização do experimento?

Aluno A: “Aprendi propagação de calor por radiação.”

Aluno C: “Aprendi propagação de calor por radiação.”

Aluno D: “Propagação de calor por radiação.”

Aluno E: “Aprendi propagação de calor por meio da radiação.”

Aluno F: “Aprendi propagação de calor por radiação.”

Aluno G: “Aprendi propagação de calor por radiação.”

2) Na sua opinião, as aulas de Física com os experimentos se tornam aulas mais completas e dinâmicas?

Aluno A: “Sim.”

Aluno C: “Sim.”

Aluno D: “Sim.”

Aluno E: “Sim, pois aprendemos na prática.”

Aluno F: “Sim.”

Aluno G: “Sim.”

3) Qual foi sua experiência com o experimento?

Aluno A: “Excelente.”

Aluno C: “Boa.”

Aluno D: “Excelente.”

Aluno E: “Excelente.”

Aluno F: “Excelente.”

Aluno G: “Excelente.”

4) Você consegue me explicar os fenômenos físicos envolvidos neste experimento?

Aluno A: “Materiais escuros absorvem mais radiação do que materiais brancos.”

Aluno C: “Os materiais escuros absorvem mais calor do que os materiais brancos.”

Aluno D: “Sim, os materiais escuros (como placa metálica preta) absorvem mais radiação do que materiais brancos, igual a placa metálica branca.”

Aluno E: “Aprendi que os materiais escuros como a placa metálica preta absorvem mais radiação do que materiais brancos como a placa metálica branca.”

Aluno F: “Aprendi que os materiais escuros como a placa metálica preta absorvem mais radiação do que materiais brancos como a placa metálica branca.”

Aluno G: “Aprendi que os materiais escuros como a placa metálica preta absorve mais radiação do que materiais brancos.”

APÊNDICE C – AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA

Exercício 1) Por que o balão cheio de água quando colocado perto da chama da vela não estoura?

- a) Pois a água tem um calor específico maior que o do ar, e também a água é melhor condutor térmico que o ar.
- b) Pois a água tem um calor específico menor que o do ar, e o ar é melhor condutor térmico que a água.
- c) Pois a água tem um calor específico menor que o do ar, e a água é melhor condutor térmico que o ar.
- d) Pois a água tem um calor específico maior que o do ar, e também o ar é melhor condutor térmico que a água.

Resposta: A

Exercício 2) Por que a colher com cabo de metal esquenta mais rapidamente o seu cabo que a colher com cabo de madeira?

- a) Pois o metal é isolante térmico e a madeira também é isolante térmico.
- b) Pois o metal é isolante térmico e a madeira é condutor térmico.
- c) Pois o metal é condutor térmico e a madeira é isolante térmico.
- d) Pois o metal é condutor térmico e a madeira também é condutor térmico.

Resposta: C

Exercício 3) Qual substância evapora mais rápido, a água ou o álcool em gel?

- a) Água.
- b) Álcool em gel.
- c) As duas substâncias evaporam no mesmo intervalo de tempo.
- d) Não tem como saber qual a substância que evapora mais rápido.

Resposta: A

Exercício 4) Na bacia com água, uma pessoa põe sua mão direita na água fria por 1 minuto e põe sua mão esquerda na água quente por 1 minuto. Passado um intervalo tempo, esta mesma pessoa rela as suas duas mãos na água natural, qual a sensação térmica que vai estar a mão direita e a mão esquerda desta pessoa, respectivamente?

- a) Mão direita fria e mão esquerda fria.
- b) Mão direita fria e mão esquerda quente.
- c) Mão direita quente e mão esquerda quente.
- d) Mão direita quente e mão esquerda fria.

Resposta: D

Exercício 5) Têm-se dois cubos de gelo de mesmo tamanho. Um cubo de gelo é enrolado em um papel alumínio e o outro cubo é enrolado em uma blusa de lã. Ambos ficam expostos no sol por 10 minutos, em qual dos materiais o cubo de gelo derrete mais rapidamente?

- a) Papel alumínio.
- b) Blusa de lã.
- c) Os dois cubos de gelo derretem da mesma forma nos dois materiais.

d) Não é possível determinar, devido as características dos materiais.

Resposta: A

Exercício 6) A frase “os gases se expandem quando aquecidos e contraem resfriados”, está:

- a) Falsa, pois os gases quando aquecidos sofrem dilatação e quando resfriados também sofrem dilatação.
- b) Falsa, pois os gases quando aquecidos sofrem contração e quando resfriados sofrem contração.
- c) Falsa, pois os gases quando aquecidos sofrem contração e quando resfriados sofrem dilatação.
- d) Correta, pois os gases quando aquecidos sofrem dilatação e quando resfriados sofrem contração.

Resposta: D

Exercício 7) Em um experimento, foi perfurada uma garrafa de plástico e em seguida, foi colocada uma haste metálica dentro do furo, na sequência foi colada duas presilhas metálicas na haste metálica. As presilhas metálicas foram coladas na parte de baixo da haste metálica. Em seguida, foi colocada uma vela bem próxima da haste metálica. Na sequência, a vela foi acesa e a presilha metálica que estava mais perto da vela caiu primeiro, e passado um intervalo de tempo, a presilha metálica mais distante da vela caiu. Neste caso, a forma de propagação de calor através da haste se deu por:

- a) Convecção.
- b) Condução.
- c) Radiação.
- d) Irradiação.

Resposta: B

Exercício 8) Em um experimento, ao se aquecer a parte inferior de um recipiente, foi constatado que a água quente que estava na parte inferior de uma garrafa começou a subir e a água fria que estava na parte superior começou a descer, neste caso a propagação de calor através da água, se deu por:

- a) Condução.
- b) Radiação.
- c) Convecção.
- d) Irradiação.

Resposta: C

Exercício 9) Duas placas de zinco, foram expostas ao sol por 10 minutos, uma placa tinha cor preta e outra tinha cor branca. Foi constatado que a placa de cor preta esquentou mais intensamente do que a placa de cor branca, por que isto aconteceu?

- a) Pois, materiais escuros absorvem menos radiação do que materiais brancos.
- b) Pois, materiais escuros absorvem mais radiação do que materiais brancos.
- c) Pois, os dois materiais absorvem a mesma quantidade de radiação e há a sensação térmica de que a placa preta está mais quente.

d) Pois, estes materiais não absorvem radiação e há a sensação térmica de que a placa preta está mais quente.

Resposta: B

**APÊNDICE D – RESPOSTAS DA AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA, DOS ALUNOS
QUE ASSISTIRAM OS EXPERIMENTOS**

Exercício 1:	Exercício 2:	Exercício 3:	Exercício 4:	Exercício 5:
Aluno A: C.	Aluno A: C.	Aluno A: A.	Aluno A: D.	Aluno A: B.
Aluno B: A.	Aluno B: C.	Aluno B: A.	Aluno B: D.	Aluno B: A.
Aluno C: A.	Aluno C: C.	Aluno C: A.	Aluno C: D.	Aluno C: A.
Aluno D: A.	Aluno D: C.	Aluno D: A.	Aluno D: D.	Aluno D: A.
Aluno E: A.	Aluno E: C.	Aluno E: A.	Aluno E: D.	Aluno E: A.
Aluno F: A.	Aluno F: C.	Aluno F: A.	Aluno F: D.	Aluno F: A.
Aluno G: A.	Aluno G: C.	Aluno G: A.	Aluno G: D.	Aluno G: B.
Exercício 6:	Exercício 7:	Exercício 8:	Exercício 9:	
Aluno A: D.	Aluno A: B.	Aluno A: C.	Aluno A: B.	
Aluno B: C.	Aluno B: B.	Aluno B: C.	Aluno B: C.	
Aluno C: D.	Aluno C: C.	Aluno C: C.	Aluno C: A.	
Aluno D: D.	Aluno D: B.	Aluno D: C.	Aluno D: B.	
Aluno E: D.	Aluno E: B.	Aluno E: C.	Aluno E: B.	
Aluno F: D.	Aluno F: B.	Aluno F: C.	Aluno F: B.	
Aluno G: D.	Aluno G: B.	Aluno G: B.	Aluno G: B.	

APÊNDICE E – RESPOSTAS DA AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA, DOS ALUNOS QUE NÃO ASSISTIRAM OS EXPERIMENTOS

Exercício 1:	Exercício 2:	Exercício 3:	Exercício 4:	Exercício 5:
Aluno H: C.	Aluno H: C.	Aluno H: A.	Aluno H: D.	Aluno H: A.
Aluno I: C.	Aluno I: C.	Aluno I: A.	Aluno I: D.	Aluno I: A.
Aluno J: A.	Aluno J: C.	Aluno J: A.	Aluno J: D.	Aluno J: A.
Aluno K: A.	Aluno K: C.	Aluno K: A.	Aluno K: D.	Aluno K: A.
Aluno L: A.	Aluno L: C.	Aluno L: A.	Aluno L: D.	Aluno L: B.
Aluno M: A.	Aluno M: C.	Aluno M: A.	Aluno M: D.	Aluno M: A.
Aluno N: A.	Aluno N: C.	Aluno N: A.	Aluno N: D.	Aluno N: A.
Exercício 6:	Exercício 7:	Exercício 8:	Exercício 9:	
Aluno H: B.	Aluno H: C.	Aluno H: A.	Aluno H: B.	
Aluno I: D.	Aluno I: B.	Aluno I: C.	Aluno I: B.	
Aluno J: D.	Aluno J: A.	Aluno J: C.	Aluno J: A.	
Aluno K: D.	Aluno K: B.	Aluno K: C.	Aluno K: B.	
Aluno L: A.	Aluno L: D.	Aluno L: B.	Aluno L: B.	
Aluno M: D.	Aluno M: B.	Aluno M: C.	Aluno M: C.	
Aluno N: D.	Aluno N: C.	Aluno N: C.	Aluno N: B.	

Documento Digitalizado Restrito

TCC em PDF

Assunto: TCC em PDF
Assinado por: Alexandre Melo
Tipo do Documento: Anexo
Situação: Finalizado
Nível de Acesso: Restrito
Hipótese Legal: Informação Pessoal - dados pessoais e dados pessoais sensíveis (Art. 31 da Lei nº 12.527/2011)
Tipo do Conferência: Documento Digital

Documento assinado eletronicamente por:

- Alexandre Melo de Oliveira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 16/11/2023 09:42:38.

Este documento foi armazenado no SUAP em 16/11/2023. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifsp.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1492970

Código de Autenticação: ee8e3f7132

