



Ensinando Termodinâmica por meio de Experimentos de Baixo Custo*

Teaching Thermodynamics with Low-Cost Experiments

Ricardo Florencio Alves Rocha¹
Adriana Gomes Dickman²

Resumo

Neste trabalho, apresenta-se o kit Caixa Mágica com experimentos de termodinâmica para alunos do Ensino Médio. Os experimentos utilizam material de baixo custo, incluindo materiais reciclados, facilmente adaptáveis em salas de aula. A Caixa Mágica foi testada em uma escola estadual com alunos do segundo ano do ensino médio. O impacto das experiências como estímulo no processo de ensino e aprendizagem do conteúdo de termodinâmica foi investigado por meio de questionários aplicados antes e após a experimentação. O nível de acerto dos questionários aumentou significativamente após os experimentos, sugerindo que a abordagem experimental é eficiente.

Palavras-chave: Ensino de Física. Termodinâmica. Experimentos de baixo custo. Ensino Médio.

*Submetido em 27/01/2016 – Aceito em 26/04/2016

¹Graduando da Licenciatura em Física da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Brasil – ricardo_alvesrocha@hotmail.com

²Doutora em Física. Docente do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática e do Departamento de Física e Química do Instituto de Ciências Exatas e Informática da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Brasil – adrianadickman@gmail.com

Abstract

In this work, we present the kit “Magic Box” containing experiments for High School students. The experiments, built with low-cost and recycled materials, are easily adaptable to classrooms. We tested the kit in a public school with students in the second year of High School. We investigate the impact of the experiences to stimulate students during the teaching and learning process of thermodynamics in the classroom through the application of questionnaires before and after the experiment. The data show that the level of accuracy of the answers increased significantly after the experimental class, suggesting that this approach is effective.

Keywords: Physics education. Thermodynamics. Low cost experiments. High School.

1 INTRODUÇÃO

Os alunos do ensino médio, frequentemente, apresentam dificuldade em disciplinas da área de ciências exatas, sobretudo, em conceitos relacionados à Física. Entre os componentes desse cenário, está o fato de uma significativa parcela dos alunos considerarem essa disciplina monótona e pouco estimuladora (RICARDO; FREIRE, 2007). Além disso, constata-se uma falta de conexão entre o conhecimento prévio, a teoria apresentada na sala de aula e a realidade do aluno (MONTAI; LABURÚ, 2005). Por isso, é importante que professores utilizem métodos inovadores para o ensino de física que contribuam para aumentar o interesse dos alunos, bem como exemplos que contextualizem esse conhecimento.

Entre as abordagens descritas como estimuladoras, está a utilização de aulas práticas como um complemento das aulas teóricas. As vantagens da experimentação têm sido investigadas por profissionais da educação que a veem como forma de motivação dos alunos. Muitos professores utilizam experimentos como estratégia de ensino, pois o contato com experiências possibilita a manipulação do concreto e, muitas vezes, interliga o conteúdo aos fenômenos do cotidiano, evitando, assim, uma abordagem puramente teórica e abstrata (SÉRÉ et al., 2003). Desse modo, os experimentos estimulam os alunos a refletirem e reavaliarem a sua compreensão sobre conceitos abordados pelo professor em sala de aula (ARAÚJO; ABIB, 2003). Nesse contexto, experimentos que exemplifiquem a importância da física no cotidiano dos alunos podem contribuir para a valorização e melhor entendimento da disciplina, uma vez que os alunos podem, por meio da observação e manipulação, compreender os fenômenos discutidos na teoria de um ponto de vista prático (MENDES et al., 2007; WÜRZ, 2012).

As vantagens da experimentação na disciplina Física do ensino médio, também, é um assunto frequentemente debatido durante a formação dos futuros professores. Como exemplo, essa discussão é observada em projetos e trabalhos que são oferecidos como atividades de extensão para alunos do curso de graduação em Física da PUC Minas. Um desses projetos é o Circo da Física, que tem como objetivo levar experiências didáticas para escolas públicas e privadas para despertar o interesse dos alunos em estudar física (ROCHA et al., 2014a). Outro exemplo é o Programa de Iniciação à Docência (PIBID - CAPES), que, dentre seus objetivos na física da PUC Minas, tem a promoção e a implementação de experimentos em sala de aula para estimular o interesse dos alunos (ROCHA et al., 2014b).

Um fator que contribui para a baixa frequência de aulas práticas em escolas é o despreparo dos professores para ministrar tais aulas (REZENDE et al., 2004). Além disso, pode ocorrer que a utilização dos laboratórios não seja realizada de maneira efetiva no ambiente escolar; pois, frequentemente, os alunos não dispõem de uma base teórica firme, e assim, não conseguem relacionar a teoria apresentada com os experimentos desenvolvidos. Também devemos destacar o alto custo da construção e da manutenção de um laboratório nas escolas, levando em conta as dificuldades da aquisição de materiais de consumo (papel, luvas, pilhas, lâmpada, régua, entre outros) e permanentes (experimentos e equipamentos de proteção individual) (PENA; FILHO, 2009). Pesquisadores da área de ensino de física e professores têm

direcionado esforços para introduzir experiências otimizadas para uma dependência mínima do espaço físico, e para serem executadas com segurança (ARAÚJO et al., 2005). Nesse sentido, a utilização de materiais de baixo custo ou recicláveis pode contribuir para suprir parte dessas dificuldades (SANTOS et al., 2004).

Araújo e Abib (2003) constataram, por meio da análise dos artigos publicados sobre o uso de experimentos entre 1992 e 2001 em dois periódicos de ensino de física nacionais³, que apenas 4% dos 92 experimentos analisados foram dedicados ao tema Calorimetria. Além disso, percebe-se que alunos do ensino médio têm bastante dificuldade para estabelecer a diferença entre calor e temperatura, e que a maioria deles se baseia no senso comum para lidar com fenômenos da termodinâmica (FRANCA; DICKMAN, 2011).

Assim, para preencher essa lacuna, optou-se por trabalhar com experimentos de termodinâmica em sala de aula, envolvendo principalmente conceitos de calor e temperatura. Dentro desse contexto, a proposta deste trabalho é investigar o papel da experimentação no processo de ensino e aprendizagem do conteúdo de termodinâmica, por meio da reprodução de experiências simples, com material de baixo custo, facilmente adaptáveis a salas de aulas. Para avaliar o impacto dessas atividades, questionários foram aplicados aos alunos antes e após a utilização de experimentos. Em nossa proposta, intercalamos aula expositiva com a realização dos experimentos, em acordo com a investigação de Barbosa et al. (1999), pois acreditamos que é necessário conectar o trabalho experimental com a base conceitual do aluno, ou seja, os experimentos devem contribuir para a elaboração do conhecimento científico do aluno.

No restante deste artigo, apresenta-se a metodologia utilizada para o desenvolvimento do trabalho e a análise dos dados coletados.

2 METODOLOGIA

2.1 Levantamento bibliográfico das experiências

Inicialmente, foi realizada uma busca, em publicações científicas e *web sites*, por experimentos que abordam conceitos de termodinâmica. Após o levantamento, foi feita uma análise dos experimentos encontrados, identificando quais conteúdos poderiam ser explorados em cada um. A partir dessa pesquisa, construiu-se o Quadro 1, listando os experimentos de termodinâmica em função dos conceitos abordados, facilitando assim, o trabalho do professor na busca por atividades experimentais com base nos conteúdos que se quer discutir durante as aulas.

A maioria dos experimentos discutem conceitos de calor e temperatura, mas, outros conceitos, frequentemente, abordados são densidade, pressão e transferência de calor por condução, convecção e radiação. Alguns dos experimentos encontrados exigem equipamentos especiais de laboratório que dificultam sua utilização em sala de aula (VIANA, 2010).

³Revista Brasileira de Ensino de Física e Caderno Brasileiro de Ensino de Física.

Quadro 1 – Experimentos abordando conceitos de Termodinâmica

Experimentos	Conceitos abordados						
	Calor	Temperatura	Condução	Convecção	Radiação	Densidade	Pressão
A garrafa que encolhe ^(a)	X	X					X
Balão a prova de fogo	X	X	X				X
Balão na garrafa	X	X		X			
Barquinho à vapor	X	X	X				
Barra de alumínio	X	X	X				
Fonte de Água quente	X	X	X	X		X	
Lâmpada de lava ^(b)	X	X		X	X	X	
Maquina à vapor	X	X	X				X
O Gênio da garrafa	X	X				X	
Queimando dinheiro	X	X	X				
Termômetro de galileu	X	X	X				X
Termômetros e escalas	X	X	X				

Fonte: Elaborado pelos autores. Todos os experimentos podem ser encontrados no site Netto (1999).

Também encontrado em (a) Marques (2015) e (b) Fogaça (2015)

2.2 Seleção dos experimentos

Após o levantamento, foram selecionados os experimentos Barra de Alumínio (NETTO, 1999), Lâmpada de Lava (FOGAÇA, 2015) e A Garrafa que Encolhe (MARQUES, 2015) para compor a Caixa Mágica. Esses experimentos foram selecionados por discutirem conceitos de calor, temperatura, densidade e também os processos de transferência de calor. Além disso, eles não exigem equipamentos específicos sofisticados, e podem ser facilmente adaptados para materiais de baixo custo ou reciclados.

2.3 Montagem da Caixa Mágica

A Caixa Mágica é um kit criado para organizar os materiais das experiências que utilizamos dentro da sala de aula. A construção e desenvolvimento da Caixa Mágica foi realizada com objetos de baixo custo e reciclados adquiridos em campanhas realizadas na comunidade escolar. Assim, inserimos, na Caixa Mágica, um roteiro explicando a montagem das experiências e os materiais necessários para o desenvolvimento de cada experiência. No apêndice A, cada experimento é descrito em detalhes.

2.4 Escolha da escola

Para garantir a participação de alunos que nunca tiveram contato com experimentos em sala de aula ou em outros espaços, foram utilizados os seguintes critérios para a seleção da escola que participaria do projeto:

- 1) Escola pública.
- 2) Ausência de laboratório.
- 3) Localização com maior restrição para levar os alunos em feiras de ciências e museus.
- 4) Interesse do professor e direção da escola em participar do projeto.

Por meio desses critérios, a realização da aula teórica e prática ocorreu na Escola Estadual “Chiquinho de Paiva” no Município de Capela Nova – Minas Gerais.

As atividades foram aplicadas para alunos do segundo ano do ensino médio. Esse nível escolar foi selecionado porque, de acordo com o CBC/MG (Currículo Básico Comum de Minas Gerais), disponibilizado pela Secretaria de Estado da Educação de Minas Gerais (SEE-MG) e seguido pelas escolas, o conteúdo de termodinâmica é proposto a ser trabalhado nessa fase escolar (MINAS GERAIS, 2007).

2.5 Perfil da turma

Um total de 29 alunos participou de todas as etapas da aplicação da proposta de ensino. A faixa etária dos alunos era de 15 a 19 anos, dos quais 13 eram do sexo feminino. A participação, nos testes e no desenvolvimento dos experimentos, não foi obrigatória. Entretanto, todos os alunos da classe selecionada optaram em participar.

2.6 Elaboração e aplicação do pré-teste

Inicialmente, aplicamos o questionário pré-teste, contendo quatro questões, como mostrado no Quadro 2. As duas primeiras questões tinham por objetivo identificar o conhecimento prévio dos alunos sobre calor e temperatura no contexto da termodinâmica. As duas últimas questões foram utilizadas para levantar informações sobre o contato prévio destes alunos com experiências de Física no ambiente escolar ou em sua comunidade. Os alunos tiveram 25 minutos para responder esse questionário.

Quadro 2 – Questionário Pré-teste

Questionário Pré-teste

1. Qual a diferença entre calor e temperatura? Dê exemplos.
2. Qual sensação a pessoa sente quando a temperatura do corpo está maior do que a do ambiente? Por que essa sensação ocorre?
3. Descreva o seu contato com aulas experimentais ou demonstrações de Física existentes em sua escola.
4. Você já construiu algum experimento que aborda conceitos de Física?
Se sim, quais e onde você desenvolveu?

Fonte: Elaborado pelos autores

2.7 Desenvolvimento da aula teórica e prática

A turma foi separada em seis grupos, com média de cinco alunos em cada grupo. Inicialmente, foi ministrada uma aula teórica com duração de 1h sobre calor e temperatura, sobre como utilizar a Caixa Mágica e sobre a montagem dos experimentos. Acreditamos que para uma melhor compreensão dos conceitos abordados nas experiências, é importante que o aluno tenha o conhecimento prévio do conteúdo (SÉRE et al., 2003; MONTAI; LABURÚ, 2005).

As caixas, mostradas na Figura 1, foram distribuídas para cada grupo e um tempo foi disponibilizado para a montagem dos experimentos. Um professor/monitor, previamente treinado para construir e realizar o experimento, estava disponível para auxiliar os grupos na montagem e tirar possíveis dúvidas.

Figura 1 – Caixas Mágicas contendo os kits dos experimentos utilizados



Fonte: Arquivo pessoal

Durante a realização dos experimentos, os grupos discutiram os conceitos principais de Física trabalhados em sala de aula com auxílio do professor/monitor. Foi estabelecido que os alunos teriam 1 hora e 30 minutos para desenvolver a parte prática. Na Figura 2, apresentamos

uma sequência de fotos, mostrando os alunos executando o experimento lâmpada de lava. É interessante observar que a sala de aula foi reconfigurada para esta aula experimental. As Figuras 3 e 4 mostram os alunos realizando os experimentos da barra dealumínio e da garrafa que encolhe.

Figura 2 – Execução do experimento lâmpada de lava



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 3 – Execução do experimento barra de alumínio



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 4 – Execução do experimento garrafa que encolhe



Fonte: Arquivo pessoal

2.8 Elaboração e aplicação do pós-teste

Por fim, um pós-teste (Quadro 3), composto por quatro questões, foi aplicado para avaliar o conhecimento dos alunos sobre os conceitos de calor e temperatura, outros conteúdos de termodinâmica trabalhados experimentalmente, além de uma avaliação dos experimentos apresentados.

Quadro 3 – Questionário Pós-teste

Questionário Pós-teste

1. Por que não é correto afirmar que calor e temperatura são sinônimos? Dê exemplos.
2. Explique, pelo ponto de vista da Física, por que sentimos frio? Você poderia citar algum experimento para justificar a sua resposta?
3. Você gostaria de mais aulas utilizando experiências? Justifique.
4. Quais dos experimentos realizados você mais gostou e por que?

Fonte: Elaborado pelos autores

As questões conceituais do pré e pós-teste foram elaboradas para que os alunos discutissem os mesmos conceitos por meio de enunciados diferentes, avaliando, assim, o impacto das atividades aplicadas no aprendizado dos alunos. As questões 3 e 4 do pós-teste têm o objetivo de mensurar a opinião dos alunos sobre a realização das atividades executadas, o uso e a importância do laboratório no aprendizado de Física. Os alunos responderam este questionário em 25 minutos.

3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para avaliar o impacto dos experimentos desenvolvidos no entendimento de conceitos de calor e temperatura, e a opinião dos estudantes sobre as aulas práticas ministradas, foram analisados os dados coletados por meio dos questionários pré- e pós-teste.

As respostas dos alunos foram separadas em categorias e organizadas em quadros, de acordo com o modelo de categorização analítica (SILVA et al., 2005; BARDIN, 2011). A técnica de Análise de Conteúdo (AC) na perspectiva de Bardin refere-se à:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações, visando obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) dessas mensagens (BARDIN, 2011, p. 48).

3.1 Análise das questões conceituais

3.1.1 Questão 1 do pré e pós-teste

Nessa seção, foram descritas e analisadas as respostas dos alunos para a primeira questão do pré- e do pós-teste. Essas questões discutem os mesmos conceitos, analisando o conhecimento dos alunos antes da aplicação da proposta de ensino, bem como a sua evolução após os experimentos. Assim, para a primeira questão do pré-teste, sobre a diferença entre calor e temperatura, as respostas dos alunos foram separadas nas cinco categorias mostradas no Quadro 4.

Quadro 4 - Respostas dos alunos para questão 1 do pré-teste

Número de alunos	% de alunos	Categoria
14	48,3 %	Temperatura e Calor são iguais
4	13,8 %	Calor é temperatura alta
3	10,3 %	Calor é energia
2	6,9 %	Sensação e medição
6	20,7 %	Branco

Fonte: Elaborado pelos autores

Um total de 14 alunos apresentou grandes dificuldades para diferenciar os conceitos de calor e temperatura e, erroneamente, indicaram que estes conceitos são iguais, definindo a categoria Temperatura e Calor são iguais. Exemplos de respostas para esta categoria foram: “Calor para mim é temperatura, são coisas iguais”, ou “Com a temperatura medimos o calor, então calor é temperatura”. Quatro respostas, que também evidenciaram a grande dificuldade dos alunos em relação a estes conceitos, foram agrupadas na categoria Calor é temperatura alta, evidenciadas nas seguintes respostas: “Quando temos calor, temos uma temperatura alta, mas temperatura pode estar alta ou baixa”; “Calor é uma coisa quente e temperatura mede esse calor”. As tendências de associar calor com temperatura alta, e utilizar calor e temperatura como sinônimos, também foram encontradas no trabalho de Franca e Dickman (2011) e em Silva et al. (2005b).

Apenas três alunos apresentaram um melhor nível de entendimento sobre o conceito de calor, mas demonstraram uma comum confusão em relação ao conceito de temperatura. As respostas destes alunos foram inseridas na categoria Calor é energia, cujos exemplos foram: “Calor é um tipo de energia e com temperatura medimos se existe calor ou não” e “Calor é energia térmica e temperatura é a grandeza que usamos para medir esse calor”. Na categoria Sensação e medição ficou evidenciada a confusão do termo físico calor para descrever uma forma de energia que se transfere de um corpo para outro, com o termo popular que representa uma sensação térmica. Obtivemos duas respostas que foram agrupadas nesta categoria: “Calor é o que pode ser sentido e temperatura o que é medido”, e “Calor aquece alguma coisa e sentimos

em um dia quente e temperatura mede esse aquecimento”. Seis alunos deixaram a questão em branco e nenhum aluno deu exemplos para os conceitos de calor e temperatura.

Na primeira questão do pós-teste, foi solicitado aos alunos que justificassem, com exemplos, por que não é correto dizer que calor e temperatura são sinônimos. As respostas a esta questão foram separadas em quatro categorias (Quadro 5).

Quadro 5 - Respostas dos alunos para questão 1 do pós-teste

Número de alunos	% de alunos	Categoria
18	62,1 %	Conceito aceito cientificamente
7	24,1 %	Forma de energia
3	10,4 %	Sensação e medição
1	3,4 %	Branco

Fonte: Elaborado pelos autores

Após a aula experimental, foi nítida a melhora no entendimento dos conceitos de calor e temperatura da classe, com aproximadamente 62% dos alunos respondendo a primeira questão do pós-teste de maneira satisfatória e demonstrando que compreenderam a diferença entre os dois conceitos. Estas respostas foram agrupadas na categoria Conceito aceito cientificamente⁴, exemplificadas por: “Calor é energia térmica em movimento, com o sentido do quente para o frio e temperatura é uma grandeza física utilizada para medir o grau de agitação das moléculas de alguma coisa”, ou “Calor é o fluxo de energia que se dá de um corpo com maior temperatura para o com menor temperatura e temperatura é a grandeza física utilizada para medir a energia cinética das moléculas de um corpo”.

Alguns exemplos interessantes citados pelos alunos foram “O fogo é uma fonte de calor”; “Para medir a temperatura de um corpo colocamos o termômetro em uma substância, esperamos um pouco até que ela entre em equilíbrio térmico com o termômetro”. Outros exemplos mencionados pelos alunos correlacionaram os conceitos estudados com as experiências realizadas, dos quais destacamos: “Com a experiência 1, percebe-se que o alumínio é um bom condutor de calor, diferente da lã e da madeira, que são maus condutores”; “Na experiência da lâmpada de lava conseguimos perceber o calor sendo transmitido pela forma de irradiação, aumentando, assim, a temperatura do líquido”; “Com a experiência da barra de alumínio, vimos o calor sendo transmitido de uma ponta para a outra, por condução, onde a temperatura na fonte de calor, no fogo da vela, era mais alta que na outra ponta”.

Na categoria Forma de energia foram agrupadas as respostas dos alunos que descreveram calor como energia, mas não especificaram qual tipo de energia, e nem mencionaram que essa energia se transfere de um corpo para outro devido a uma diferença de temperatura. As respostas descritas nesta categoria evidenciam que os alunos conseguem identificar superficialmente que a sensação de quente e frio correlaciona-se com uma variação de temperatura. Nesta categoria enquadramos as respostas de sete alunos, cujos exemplos de respostas são: “Calor

⁴Calor é energia que se transfere de um corpo para outro, devido à diferença de temperatura e temperatura é uma grandeza que mede a agitação das moléculas.

é energia em movimento, mas não sei o sentido e a temperatura mede se um corpo que está quente ou frio, gerando a sensação de quente ou frio”, e “Calor é energia e temperatura pode estar baixa, fazendo uma pessoa sentir frio”. Um exemplo interessante mencionado por um aluno dessa categoria foi “Quando temos uma garrafa térmica, com água quente, e ela permanece fechada, o calor não é cedido e nem mais é absorvido, mantendo a temperatura dentro da garrafa constante”. Devemos enfatizar que o contexto mencionado por este aluno é distinto daqueles trabalhados nas aulas experimentais, que exploraram situações em que há troca de calor.

Um total de três alunos foram inseridos na categoria Sensação térmica, cujas respostas demonstram uma confusão entre os conceitos de calor e temperatura: “Temperatura é a medição do Calor e Calor é sempre uma sensação térmica” e “Através da temperatura medimos o calor que pode ser quente ou frio”. Apenas um aluno deixou a questão em branco.

Assim, uma comparação entre as respostas do pré- e pós-teste indica que, no geral, a turma assimilou os conceitos de calor e temperatura, fato evidenciado pelas respostas satisfatórias da maioria dos alunos, mostrando que são capazes de diferenciar calor de temperatura, e pela diminuição no número de alunos que não respondeu à questão.

3.1.2 Questão 2 do pré e pós-teste

Nessa seção, foram descritas e analisadas as respostas dos alunos para a segunda questão do pré- e do pós-teste. Estas questões permitem analisar se o aluno foi capaz de relacionar as sensações de frio e calor com as diferenças de temperatura entre o corpo e o ambiente.

É importante ressaltar que a resposta esperada para esta questão seria a percepção do aluno de que quando dois corpos possuem temperaturas diferentes, há uma troca de calor entre eles, de maneira que o corpo com maior temperatura ceda calor para o corpo com menor temperatura. Dessa maneira, ao tocar um objeto com as mãos, somos capazes de perceber se a sua temperatura é maior ou menor do que a temperatura do nosso corpo.

Entendemos, no entanto, que, para haver a sensação térmica de frio, é preciso levar em consideração vários fatores como perda e produção de calor pelo corpo, gradiente de temperatura entre a pele e o meio, metabolismo, vestuário, umidade do ar, entre outros (GARCIA, 1998). Enfatizamos a necessidade de haver uma diferença significativa de temperatura entre o corpo e o meio ambiente, pois, de acordo com Garcia (1998), observa-se uma diminuição da temperatura interna do corpo somente abaixo de 30° C, e um ambiente irá provocar a sensação de frio a partir dos 18° C.

Quadro 6 - Respostas dos alunos para questão 2 do pré-teste

Número de alunos	% de alunos	Categoria
7	24,1 %	Calor
4	13,8 %	Desconforto
4	13,8 %	Nenhuma
3	10,4 %	Quente
2	6,9 %	Frio
7	24,1 %	Branco
2	6,9 %	Não sei

Fonte: Elaborado pelos autores

As respostas da segunda questão do pré-teste, sobre a sensação da pessoa quando a temperatura do corpo está maior do que a do ambiente, foram separadas em sete categorias (Quadro 6). Verificamos, novamente, que muitos alunos tiveram dificuldade em responder uma questão do pré-teste, com dois alunos enquadrados na categoria Não sei, e sete alunos na categoria Branco, representando um total de 31%.

Na categoria Calor, foram classificadas as respostas de sete alunos, que escreveram respostas como: “A pessoa deve sentir calor, por causa da temperatura alta”; “Sensação de calor, por causa da diferença de temperatura”; ou “Calor, porque está quente”. Uma sensação de desconforto foi levantada por quatro alunos, porém sem explicar se este desconforto é associado com calor ou frio, com respostas como: “A pessoa fica desconfortável, pela diferença da temperatura”, ou “Ficamos desconfortável porque a temperatura do corpo está alta”. Na categoria Nenhuma, quatro alunos responderam: “Não iremos sentir nada de diferente” ou apenas “Nenhuma sensação”. Nenhum aluno exemplificou as respostas. Na categoria Quente, três alunos responderam “Me sinto quente, porque a minha temperatura estará mais alta que a do ambiente”, ou “A pessoa se sentiria quente e desconfortável, devido a temperatura dela estar alta”. Apenas dois alunos responderam que sentiriam frio, como em “Sentiremos frio, porque estamos mais quente que o ambiente”. Vemos que a maioria dos alunos tem uma percepção errada em relação à troca de calor entre corpos a diferentes temperaturas.

Para a segunda questão do pós-teste, em que solicitamos uma explicação científica e a menção de um experimento sobre a razão de sentirmos frio, do ponto de vista da Física, as respostas foram separadas em seis categorias mostradas no Quadro 7. Nesta questão, esperava-se que os alunos mencionassem apenas a necessidade de haver uma diferença de temperatura entre o corpo e o meio ambiente, e que o corpo deveria apresentar uma temperatura mais alta, sem a necessidade de considerar a situação quantitativamente.

Quadro 7 - Respostas dos alunos para questão 2 do pós-teste

Número de alunos	% de alunos	Categoria
12	41,4 %	Equilíbrio térmico
7	24,1 %	Temperatura do corpo maior
5	17,3 %	Variação da temperatura
3	10,4 %	Temperatura do corpo menor
1	3,4 %	Branco
1	3,4 %	Não sei

Fonte: Elaborado pelos autores

Depois do desenvolvimento das experiências, 12 alunos descreveram que sentimos frio porque existe uma diferença de temperatura entre o corpo e o ambiente e estes tendem a ficar em equilíbrio térmico. Estas respostas definiram a categoria Equilíbrio térmico, com exemplos de resposta: “Sentimos frio porque a temperatura do nosso corpo tenta entrar em equilíbrio térmico com a temperatura do ambiente, cedendo calor para o ambiente”; “Como estamos mais quente que o ambiente, sentimos frio, tentando entrar em equilíbrio térmico com o ambiente”. Alguns alunos desta categoria citaram exemplos para o fenômeno que nos leva a sentir frio, como “A geladeira é boa para explicar o porque sentimos frio, quando colocamos um alimento dentro dela e o alimento está mais quente, ele cede calor, tentando entrar em equilíbrio térmico com o interior da geladeira”; a utilização de casacos no inverno foi outro fato levantado por alguns alunos que mencionaram “Como sentimos frio, porque tentamos entrar em equilíbrio térmico com o ambiente, uma forma disso não acontecer, é fazer com que o calor não seja transferido para o ambiente, utilizando casacos no inverno”.

Na categoria Temperatura do corpo é maior, foram enquadradas as respostas de sete alunos, como em: “Sentimos frio porque estamos mais quente que o ambiente”, ou “A sensação de frio é sentida devido à temperatura do corpo estar maior que a do ambiente, havendo nesse sistema troca de calor”. Um dos exemplos citados foi: “Quando estamos com febre sentimos frio, porque a nossa temperatura está maior que a do ambiente, fazendo com que o nosso corpo conceda calor para o ambiente de maneira rápida, gerando a sensação de frio”.

Na categoria Variação da temperatura, pode-se observar cinco respostas de alunos, em que duas das principais respostas foram: “Com uma variação da temperatura entre o nosso corpo e do ambiente, sentimos frio”, ou “A temperatura do corpo varia quando estamos em um ambiente com outra temperatura, e quando o nosso corpo está mais quente que o ambiente, sentimos frio”.

Três respostas de alunos foram inseridas na categoria Temperatura do corpo menor como: “Sentimos frio quando a temperatura do nosso corpo está mais baixa que a do ambiente”, ou “Quando a temperatura do corpo humano está muito baixa e a do ambiente alta, sentimos frio”. Estes três alunos continuaram com a mesma percepção da turma observada no pré-teste, ou seja, a participação na aula experimental não mudou a compreensão destes em relação à troca de calor entre dois corpos.

Após a análise dos dados obtidos e uma comparação das respostas da questão 2 do pré- e

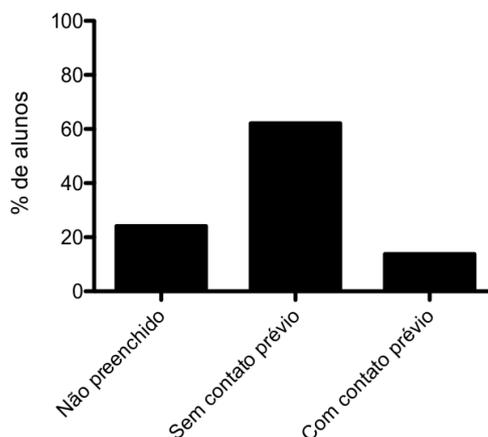
pós-teste, percebemos que depois da realização da aula teórica e prática, os alunos conseguiram, de forma simples e interessante, caracterizar situações em que temos a sensação de sentir frio. Além disso, eles foram capazes de exemplificar e explicar suas respostas utilizando os conceitos aprendidos através das experiências desenvolvidas. Também foi observada uma diminuição do número de alunos que não responderam à questão. Após os experimentos, apenas dois alunos foram enquadrados nas categorias Branco e Não sei, com um total de aproximadamente 7%, comparados com 31% do pré-teste.

3.2 Análise das questões de opinião

3.2.1 Contato prévio dos alunos com aulas experimentais

Antes da realização dos experimentos, o contato prévio dos alunos participantes com laboratórios e aulas práticas de Física na escola (Questões 3 e 4 do pré-teste) foi avaliado. Apenas quatro alunos (13,8%) indicaram ter tido um contato prévio com laboratório no ambiente escolar, entretanto, estes alunos mencionaram que este tipo de aula é raro. Um total de sete alunos (24,1%) deixou a questão em branco e 18 alunos (62,1%) responderam que nunca tiveram contato com aulas práticas ou demonstrações de Física na escola. Estes dados estão representados no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Contato prévio dos alunos com aulas experimentais ou demonstrações de Física



Fonte: Dados da pesquisa

Para complementar os dados, foi avaliado se os alunos já haviam construído algum experimento abordando conceitos de Física fora do ambiente escolar. Neste caso, cinco alunos (17,3%) afirmaram que já haviam tido contato com experimentos relacionados aos conceitos de Física. Além dos quatro identificados anteriormente, que trabalharam com experimentos no ambiente escolar, um aluno mencionou que desenvolveu experiências em casa. Estes alunos também citaram visitas a feiras de ciências. Por outro lado, 20 alunos (69,0%) responderam que nunca construíram nenhuma experiência ou tiveram contato prévio com este tipo de abordagem e quatro alunos (13,7%) não responderam à questão. Desta maneira, vemos que a maioria dos

alunos nunca teve contato com aulas experimentais, satisfazendo o nosso critério de escolha da escola.

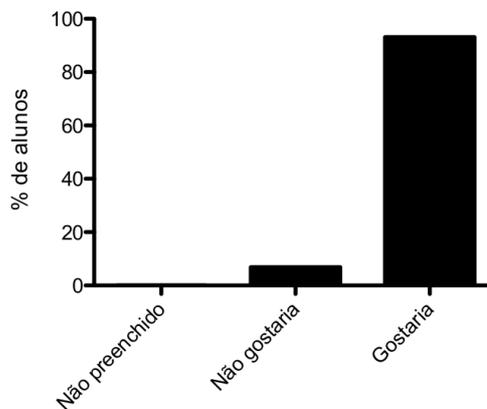
3.2.2 Opinião dos alunos sobre a realização de aulas práticas no ambiente escolar

Após os experimentos, o nível de interesse dos alunos em participar novamente de atividades similares às realizadas (Questão 3 do pós-teste) foi analisado. Os dados obtidos são representados no Gráfico 2.

Quase todos os alunos, 27 alunos (93,1%), responderam que gostariam de mais aulas experimentais durante o semestre letivo. O principal motivo alegado é a possibilidade de ilustrar a teoria com aplicação prática e palpável. Alguns alunos também mencionaram que as experiências poderiam ser realizadas em outras matérias como Biologia e Química.

Por outro lado, dois alunos (6,9%) responderam que não gostariam de mais aulas com experimento, alegando que a realização dos experimentos é muito difícil, bem como demonstraram medo de realizar as experiências incorretamente. Essa resposta nos faz pensar na possibilidade de alunos que não realizam experiências com frequência na escola acharem esta prática de ensino estranha e talvez desconfortável.

Gráfico 2 - Opinião dos alunos sobre a realização de outras aulas práticas e experiências no ambiente escolar



Fonte: Dados da pesquisa

3.2.3 Opinião dos alunos sobre as experiências contidas na caixa mágica

No Gráfico 3, o experimento que os alunos mais gostaram é apresentado, referindo-se à questão 4 do pós-teste. Assim, vemos que a maioria dos estudantes (69,0%) elegeu a experiência 2, a lâmpada de lava (mostrada na Figura 2), como a mais interessante. Os alunos caracterizaram esta experiência como diferente e esteticamente bonita. Além disso, a análise das respostas dos alunos mostrou que estes perceberam claramente o fenômeno envolvido no experimento, ou seja, a densidade de um líquido varia de acordo com a sua temperatura. Foi

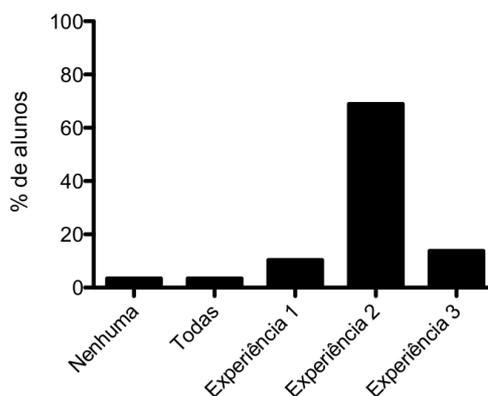
possível observar que os alunos ficaram mais motivados em desenvolver as atividades propostas. Além disso, aproximadamente 90% dos alunos que escolheram essa experiência como a melhor, conseguiram lembrar e descrever todos os materiais utilizados e os conceitos envolvidos.

A experiência 3, Garrafa que encolhe (Figura 4), foi apontada como a melhor por quatro alunos (13,8%). Os alunos que escolheram esta opção justificaram que gostaram dessa experiência porque perceberam facilmente que quando a temperatura do ar dentro da garrafa diminui, a garrafa vedada ocupa menos espaço e por isso ela se contrai. Na verdade, ao diminuir a temperatura do ar dentro da garrafa, a sua pressão interna diminui, permitindo que a pressão externa comprima a garrafa de plástico.

A experiência 1, a Barra de Alumínio (Figura 3), foi selecionada por três alunos (10,3%) como a melhor. Na opinião desses alunos essa experiência facilita bastante o entendimento da transferência de calor realizada por condução por meio do aquecimento da placa de alumínio.

Um aluno mencionou que achou todas as experiências realizadas interessantes, enquanto que outro aluno mencionou que nenhuma delas é interessante na sua opinião. Provavelmente, este aluno é um dos alunos que afirmaram que não gostariam de participar de novas aulas práticas.

Gráfico 3 - Escolha da experiência mais interessante pelos alunos



Fonte: Dados da pesquisa

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, foi elaborado um kit com experimentos simples de termodinâmica, construídos a partir de material reciclado e de baixo custo. A utilização deste kit em uma escola do interior de Minas Gerais, que não possui estrutura laboratorial equipada e está longe de museus e centros de pesquisa com laboratórios disponíveis, mostrou que o desenvolvimento de experimentos neste formato tem um bom potencial para estimular os alunos no aprendizado de termodinâmica. O kit permitiu que os alunos construíssem os experimentos de uma maneira segura, possibilitando a observação dos fenômenos físicos. Desta maneira, nossos resultados estão de acordo com os trabalhos de Araujo et al. (2005) e de Santos et al. (2004), mostrando que é possível adequar experimentos simples com a falta de estrutura da sala de aula.

A análise dos dados coletados por questionários, pré- e pós-teste, indicou que houve uma assimilação do conteúdo pelos alunos. Além disso, os dados mostraram que os alunos perceberam a importância da participação em aulas experimentais. Durante a realização das experiências, foi possível perceber uma grande motivação dos alunos em executar corretamente os experimentos e entender os conceitos físicos relacionados com cada atividade, em acordo com as conclusões de Séré et al. (2003).

O kit Caixa Mágica, além de ser facilmente montado em qualquer escola, pode ser ampliado, incorporando novos experimentos, inclusive com a reutilização dos materiais disponíveis. Kits contendo experimentos que envolvam diferentes conceitos de Física ou de outras disciplinas também podem ser desenvolvidos. Estes kits podem ser distribuídos em escolas e beneficiar tanto os alunos, pelo aprendizado transferido de forma lúdica e natural, quanto os professores, que encontrarão disponíveis objetos de ensino diferenciados para utilizar em sala de aula.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Inácio da Silva et al. Desenvolvendo a com ciência física no cotidiano com material de baixo custo. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 16, 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** São Paulo: SBF, 2005.

ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. 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.

BARBOSA, Joaquim de Oliveira; PAULO, Sérgio Roberto de; RINALDI, Carlos. Investigação do papel da experimentação na construção de conceitos em eletricidade no ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 16, n. 1, p. 105–122, 1999.

BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

FOGAÇA, Jennifer. Fazendo uma Lâmpada de Lava. **Brasil Escola: Educador. Estratégias de ensino. Física.**, 2015. Disponível em: <http://educador.brasilecola.com/estrategias-ensino/fazendo-uma-lampada-lava.htm>. Acesso em: 12 mar. de 2015.

FRANCA, Adilson Ornelas; DICKMAN, Adriana Gomes. Ensinando termodinâmica no ensino médio a partir dos conhecimentos espontâneos dos alunos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 19, 2011, Manaus. **Anais...** São Paulo: SBF, 2011.

GARCIA, Eduardo Antônio Conde. **Biofísica**. São Paulo: Sarvier, 1998.

MARQUES, Domiciano. Amassando a Garrafa. **Brasil Escola: Educador. Estratégias de ensino. Física**, 2015. Disponível em: <http://educador.brasilecola.com/estrategias-ensino/amassando-garrafa.htm>. Acesso em: 9 mar. de 2015.

MENDES, Ricardo Magno Barbosa et al. 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.

MINAS GERAIS. Proposta Curricular de Física. Educação Básica. Ensino Médio. Belo Horizonte, 2007. Disponível em: http://crv.educacao.mg.gov.br/sistema_crv/index.aspx?&usr=pub&id_projeto=27&id_objeto=39035&id_pai=38935&tipo=txg&n1=&n2=Proposta%20Curricular%20-%20CBC&n3=Ensino%20M%C3%A9dio&n4=F%C3%ADsica&b=s&ordem=campo3&cp=780031&cb=mfi. Acesso em: 16 mar. 2015.

MONTAI, Vinicius; LABURÚ, Carlos Eduardo. Experimentos de física: Critérios de escolha utilizados pelos professores do Ensino Médio. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 16, 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** São Paulo: SBF, 2005.

NETTO, Luiz Ferraz. Física Térmica. **Feira de Ciências Física: sala 08**, 1999. Disponível em: www.feiradeciencias.com.br/sala08/index8.asp. Acesso em: 07 mar de 2015.

PENA, Fábio Luís Alves; FILHO, Aurino Ribeiro. Obstáculos para o uso da experimentação no ensino de Física: um estudo a partir de relatos de experiências pedagógicas brasileiras publicadas em periódicos nacionais da área (1971-2006). **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 9, n. 1, 2009.

REZENDE, Flavia; LOPES, Arilise Moraes de Almeida; EGG, Jeanine Maria. Identificação de problemas do currículo, do ensino e da aprendizagem de física e de matemática a partir do discurso de professores. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 2, p. 185–196, 2004.

RICARDO, Elio Carlos; FREIRE, Janaína Cardoso Araújo. A concepção dos alunos sobre a física do ensino médio: um estudo exploratório. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, p. 251–266, 2007.

ROCHA, Ricardo Florencio Alves et al. Circo da Física: Experimentos Lúdicos para Despertar o Interesse pela Física. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE PORTUGUESA DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO, 12, 2014, Vila Real. **Anais...** Portugal, 2014a. p. 1348–1355.

ROCHA, Ricardo Florencio Alves et al. PIBID: Percepção das Importantes Contribuições para Formação de Docentes por Alunos do Curso de Física. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE PORTUGUESA DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO, 12, 2014, Vila Real. **Anais...** Portugal, 2014b. p. 2173–2182.

SANTOS, Emerson Izidoro dos; PIASSI, Luís Paulo de Carvalho; FERREIRA, Norberto Carvalho. Atividades experimentais de baixo custo como estratégia de construção da autonomia de professores de física: uma experiência em formação continuada. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 9, 2004, Jaboticatubas. **Anais...** São Paulo: SBF, 2004. p. 1–18.

SÉRÉ, Marie-Geneviève; COELHO, Suzana Maria; NUNES, António Dias. 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.

SILVA, Cristiane Rocha; GOBBI, Beatriz Christo; SIMÃO, Ana Adalgista. O Uso da Análise de Conteúdo como uma ferramenta para a Pesquisa Qualitativa: Descrição e Aplicação do Método. **Organizações rurais e agroindustriais**, Lavras, v. 7, n. 1, p. 70–81, 2005.

SILVA, Dirceu da; NETO, Victoriano Fernandez; CARVALHO, Anna Maria de Pessoa de. Ensino da distinção entre calor e temperatura: uma visão construtivista. In: NARDI Roberto (org.). **Questões atuais no ensino de ciência**. 2. ed. São Paulo: Escrituras, 2005b. p. 1–14.

SILVA, Marco Aurélio Da. Estudando a Condução Térmica. **Brasil Escola: Educador. Estratégias de ensino. Física**, 2016. Disponível em <<http://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/estudando-conducao-calor.htm>>. Acesso em 05 de maio de 2016.

VIANA, Patrícia Matos. **Atividades práticas no ensino de Física**: um relato de experiência didática. 2010. 82f. Monografia (Conclusão de curso) — Universidade Federal de Rondônia, Rondônia, Paraná.

WÜRZ, Gilson. Momento Angular: Uma proposta para o ensino de Física, utilizando experimentos lúdicos. **Caderno de publicações acadêmicas**, v. 1, p. 71–79, 2012.

APÊNDICE A: DESCRIÇÃO DOS EXPERIMENTOS

A.1 Barra de alumínio

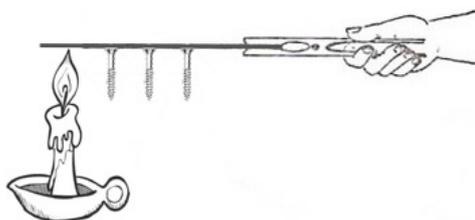
Este experimento consiste em aproximar uma barra de alumínio, com três pregos presos a ela com parafina, a uma fonte de calor.

Materiais: 1 barra de alumínio de 20 cm x 4 cm x 0,1 cm; 1 Vela, Fósforos; 1 Tampa de garrafa; 3 Pregos e 2 Prendedores de roupa.

Procedimento:

- Acenda a vela;
- Fixe os 3 pregos na barra de alumínio, utilizando a parafina da própria vela e prenda a barra com dois prendedores de madeira;
- Segure os prendedores com a barra de alumínio e coloque seu lado oposto em contato com o fogo, como mostrado na Figura 5;
- Espere alguns minutos e observe o que ocorre.

Figura 5 – Barra de Alumínio com os Pregos



Fonte: Silva (2016)

À medida que a barra esquenta, os pregos caem, permitindo ao aluno observar um exemplo de condução térmica por meio da transferência gradual de calor ao longo da barra no sentido da região mais quente para a mais fria. É uma boa oportunidade para se discutir materiais condutores e isolantes, lembrando que os metais são excelentes condutores de calor.

A.2 Lâmpada de lava

A densidade de um corpo é definida como a razão entre a sua massa e o volume por ele ocupado. Esta grandeza varia com a temperatura como, por exemplo, a densidade da água no estado líquido é $0,99 \text{ g/cm}^3$ a 20°C ; a 4°C a sua densidade é máxima igual a $1,00 \text{ g/cm}^3$, e abaixo de 0°C , sua densidade diminui para $0,92 \text{ g/cm}^3$. Por isso, o gelo flutua na água. Embora a água seja uma exceção, para a grande maioria das substâncias, o aumento da temperatura provoca a diminuição da densidade, e vice-versa.

O experimento permite observar, de um modo interessante, como a densidade das substâncias variam com a temperatura. Essa atividade chama bastante a atenção dos alunos pois é associada aos *hippies* e ao psicodelismo dos anos 1970.

Materiais: 1 lâmpada de 60w; 1 garrafa de vidro de 200 ml; 1 conta gotas; 2 dois copos descartáveis de 50 ml; 1 copo de vidro de 250 ml; 300 ml de óleo; 300 ml de álcool; 500 ml

de água, corante; 1 canudo; 1 soquete com fiação para ligar na tomada; estilete e 1 caixa de madeira.

Procedimento:

- Faça um furo circular de 4 cm de diâmetro na parte superior da caixa e um de 1 cm de diâmetro na parte lateral inferior com um estilete;
- Coloque a lâmpada dentro da caixa conectada ao fio que será ligado à tomada, passando o fio pelo orifício na lateral;
- Coloque em um copo cerca de 50 ml de água, adicione algumas gotas do corante alimentício e misture bem;
- Em outro copo, coloque 50 ml de álcool;
- Em um copo maior, coloque cerca de 25 ml de óleo;
- Adicione o álcool, que foi separado, bem devagar sobre o óleo;
- Deixe a mistura em repouso por um tempo para que as fases fiquem bem separadas;
- Agora, usando o conta-gotas, vá adicionando a água colorida no álcool, sempre misturando essa parte com o canudo, sem deixar tocar no óleo, que deve ficar no fundo do recipiente;
- Você irá parar de adicionar a água quando todo o óleo subir, ficando na parte superior;
- Agora, coloque óleo na garrafa ou pote até cerca de 3/5 da sua altura;
- Adicione a mistura feita e adicione óleo até completar o volume total do recipiente. O óleo ficará totalmente na parte superior e a parte colorida do álcool e a água ficarão na parte inferior;
- Feche a garrafa e a coloque em cima do suporte com a lâmpada por dentro. Deixe a lâmpada próxima ao fundo da garrafa, mas sem encostar, como mostrado na Figura 6;
- Ligue a lâmpada e, depois de algum tempo, observe o que ocorre.

Figura 6 – Esquema da lâmpada de lava



Fonte: Elaborada pelos autores.

Após algum tempo, a mistura de água e álcool esquenta, ficando menos densa do que o óleo. Assim, surge uma corrente de convecção, pois à medida que o óleo desce, este fica mais próximo da lâmpada e esquenta, diminuindo sua densidade, enquanto que a mistura de água e álcool, ao subir, resfria e tem sua densidade aumentada.

A.3 Garrafa que encolhe

Este experimento demonstra de modo simples o que acontece quando se isola o ar quente, ou seja, contendo moléculas com grande agitação térmica, em um espaço vedado e, em seguida, o ar é resfriado.

Materiais: 1 garrafa pet; 500 ml de água quente; 500 ml de água fria; 1 copo de 200 ml e 1 bacia.

Procedimento:

- Coloque um copo (200 ml) de água quente dentro da garrafa;
- Agite bem a água dentro da garrafa para que ela se aqueça uniformemente;
- Após aquecer a garrafa, retire toda a água e feche-a rapidamente para evitar a transferência de calor através da boca da garrafa;
- Insira a garrafa em uma bacia com água gelada e observe o que ocorre.

Quando a garrafa entra em contato com a água gelada, o ar dentro desta é resfriado repentinamente, provocando o encolhimento da garrafa. Isto ocorre porque a diminuição da temperatura do ar provoca a diminuição da pressão dentro da garrafa. Assim, a pressão atmosférica amassa a garrafa.