

LÂMPADA INCANDESCENTE X LÂMPADA LED: UMA DISCUSSÃO CTS SOBRE A PROIBIÇÃO DA VENDA DAS LÂMPADAS INCANDESCENTES NO BRASIL POR MEIO DE UM EXPERIMENTO

Incandescent Lamp X LED Lamp: a STS discussion about the prohibition of the sale of incandescent lamps in Brazil through an experiment

William Centenaro Batista [william.owcb@gmail.com]

Pedro Francis Pereira [pedrofrancisp@gmail.com]

Dioni Paulo Pastorio [dionipastorio@hotmail.com]

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Av. Bento Gonçalves, 9500 - Agronomia, Porto Alegre - RS, Brasil

Recebido em: 08/09/2023

Aceito em: 20/12/2023

Resumo

A experimentação no Ensino de Física (EF), frequentemente, apresenta-se como uma alternativa para contextualizar os fenômenos físicos e motivar os alunos. Neste trabalho, relatamos uma atividade experimental proposta para uma turma de ensino médio, baseada no referencial teórico Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), associado à reprodução de experimentos de baixo custo. Nesse contexto, apresentamos a questão: “Como evidenciar a diferença na eficiência energética de diferentes tipos de lâmpadas?”. Para analisar essa problemática, foi construído um aparato experimental capaz de estimar e comparar o desperdício de energia de diferentes lâmpadas, utilizando os conceitos físicos de calor e calor específico. A realização do experimento revelou potenciais de aprendizagem, em especial, o interesse de alguns alunos na diversidade de lâmpadas disponíveis no mercado e sua conexão entre a geração de energia luminosa e desperdício energético.

Palavras-chave: experimentos de Física no Ensino Médio, laboratório de Física de baixo custo, lâmpada incandescente, lâmpada LED, desperdício de energia, calor, calor específico, Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).

Abstract

Experimentation in Physics Teaching (PE) is often presented as an alternative to contextualize physical phenomena and motivate students. In this work we report an experimental activity proposed for a high school class, based on the theoretical framework Science, Technology and Society (STS), associated with the reproduction of low-cost experiments. In this context, we have presented the question: “How to show the difference in energy efficiency of different types of lamps?”. To analyze this issue, an experimental apparatus capable of estimating and comparing the energy waste of different types of lamps was built, using the physical concepts of heat and specific heat. Carrying out the experiment revealed learning potential, in particular, the interest of some students in the diversity of lamps available on the market and their connection between the generation of light energy and energy waste.

Keywords: Physics experiments in High School, low cost Physics laboratory, incandescent lamp, LED lamp, energy waste, heat, specific heat, Science, Technology and Society (STS).

Introdução

A área de pesquisa em Ensino de Física (EF), ainda que possa ser considerada nova quando comparada a outras áreas de pesquisa dentro da Física, tem um corpo significativo de produções acerca das preocupações relacionadas com os processos de ensino e aprendizagem em Física. Algo que é consenso na área é a crítica ao método tradicional de ensino, o qual se resume na figura do professor como centro da aula, sendo o emissor de conteúdos, e o aluno, apenas espectador no processo de ensino-aprendizagem, focalizado no papel de receptor. Para Ribeiro et al. (2022), é inevitável posicionar-se de forma crítica para modificar a abordagem mecanicista, fragmentada, competitiva e hegemônica, buscando uma abordagem sistêmica, holística, cooperadora e integradora. Segundo os autores, as relações cotidianas dos estudantes não podem divergir dos conceitos aprendidos na escola, assim sendo, para dar sentido às concepções estudadas, é necessário buscar metodologias que relacionem de forma ativa os conceitos e as práticas nos processos de ensino e aprendizagem.

Goulart, Pastorio e Vidmar (2023) apontam que, com o advento das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC), a sociedade atual busca por uma formação cidadã que não se limite apenas ao conteúdo disciplinar, de forma que o professor deixou de ser apenas transmissor de conhecimentos, para ser orientador ou até mesmo *designer*, capaz de estimular processos que permitam que o estudante cresça como pessoa inserida no seu contexto social. Como alternativa para superar o método tradicional de ensino, diversas propostas e métodos são encontrados; dentre eles, apostamos nas metodologias ativas de ensino, que, segundo Studart (2019), são aquelas em que o aluno participa ativamente do processo de compreensão e de construção do conhecimento.

No EF, outra questão de fundamental importância reside nas práticas experimentais como atividades didáticas. Para Borges (2002), a ciência, em sua forma final, apresenta-se como um sistema de natureza teórica. Contudo, é necessário criar oportunidades para que o ensino experimental e o ensino teórico efetuem-se em concordância, permitindo ao estudante integrar esses conhecimentos. O autor também argumenta que “descartar a possibilidade de que os laboratórios tenham um papel importante no ensino de ciências significa destituir o conhecimento científico de seu contexto, reduzindo-o a um sistema abstrato de definições, leis e fórmulas” (BORGES, 2002, p. 298).

As atividades práticas realizadas em laboratórios facilitam o aprendizado dos estudantes à medida que eles reconhecem a importância do aprendizado de Física mediante à aplicação no seu dia a dia. Em seu estudo, Silva e Leal (2017) apontam que a implementação de laboratórios didáticos de Física por meio da construção de equipamentos de baixo custo pode tornar-se uma excelente oportunidade pedagógica e de incentivo ao desenvolvimento científico nas escolas públicas de ensino médio, contribuindo, significativamente, para a construção de conhecimentos científicos.

Dessa forma, neste trabalho, apresentamos a utilização da experimentação no EF como alternativa ao desenvolvimento de atividades didáticas que rompam com o método tradicional de ensino, estabelecendo uma contextualização dos conceitos científicos, além de novas conexões e possibilidades para os estudantes, no que tange aos processos de ensino e aprendizagem. Procuramos, então, utilizar a experimentação como uma estratégia para instigar os alunos a pensarem sobre uma questão contemporânea relevante, associada ao referencial teórico Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), destacada a seguir: “Por que as lâmpadas incandescentes tiveram sua venda, com finalidade de iluminação, proibida no Brasil ao público em geral?”¹.

A escolha pelo referencial CTS justifica-se em função dos temas implícitos à questão inicial supracitada, socialmente relevante: o desperdício de energia e a sustentabilidade energética. Tais temas têm impacto direto no contexto social, na política e na economia de qualquer nação e, de forma

¹ Para realizar a análise dessa questão, por sua vez, é necessário o entendimento do conceito de calor específico, cujo experimento que será descrito neste trabalho, a partir daqui intitulado “experimento das lâmpadas”, é dependente.

geral, no meio ambiente. Sendo assim, sua discussão e reflexão dentro da sala de aula apresentam-se como questão fundamental para nossos estudantes, principalmente, em uma perspectiva CTS.

Auler (2002, p. 24) fornece o contexto de surgimento do movimento CTS:

A partir de meados do século XX, nos países capitalistas centrais, foi crescendo um sentimento de que o desenvolvimento científico, tecnológico e econômico não estava conduzindo, linear e automaticamente, ao desenvolvimento do bem-estar social. Assim, após uma euforia inicial com os resultados do avanço científico e tecnológico, por volta de 1960-1970, a degradação ambiental, bem como o seu desenvolvimento vinculado à guerra (bombas atômicas, guerra do Vietnã – com seu napalm desfoliante), fizeram com que Ciência e Tecnologia (CT) se tornassem alvo de um olhar mais crítico. Além disso, a publicação das obras *A Estrutura das Revoluções Científicas* pelo físico e historiador da ciência Thomas Kuhn e *Silent Spring* pela bióloga naturalista Rachel Carsons, ambas em 1962, potencializaram as discussões sobre as interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS). CT passaram a ser objeto de debate político. Nesse contexto, emerge o denominado movimento Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS).

Portanto, a decisão de proibir a venda de lâmpadas incandescentes no Brasil, enquanto lâmpadas *LED* e de outros tipos podem ser comercializadas, é uma questão permeada por ciência, é relevante socialmente e deve ser observada por diversos aspectos para que saibamos se, de fato, estamos indo na direção do bem-estar social coletivo, questão fundamental para a perspectiva teórica. Auler (2002, p. 98) é categórico ao afirmar que a ciência, na contemporaneidade, detém grande poder de decisão e influência sobre a sociedade. Entretanto, mesmo ela sendo vista historicamente como um antídoto para dogmas religiosos, defende que ela é constituída por mitos que, em geral, beneficiam atores sociais hegemônicos, o que inviabiliza mudanças nas relações estabelecidas na sociedade atual. Diante disso, é evidente que questões socialmente relevantes que envolvam Ciência e Tecnologia (CT) devem ser analisadas criticamente, de forma a elucidar com que objetivos guiam determinada ação que será tomada.

Proposta experimental

O objetivo principal do experimento das lâmpadas é discutir o desperdício de energia na utilização das lâmpadas incandescentes em relação às lâmpadas *LED*, de forma a criar embasamento para responder à questão, inicialmente, levantada: “Por que as lâmpadas incandescentes tiveram sua venda, com finalidade de iluminação, proibida no Brasil ao público em geral?”.

Dessa forma, para compreender melhor essa problemática, mobilizando conceitos científicos, partimos para outra questão: “Como evidenciar a diferença na eficiência energética de diferentes tipos de lâmpadas?”. Utilizando os conceitos físicos de calor e temperatura, é possível reconhecer que a energia desperdiçada por uma lâmpada corresponde à quantidade de energia liberada por ela na forma de calor, pois, quando uma lâmpada é comprada, a energia de interesse é a luminosa e não aquela convertida em calor.

Supondo que as informações técnicas nas caixas das lâmpadas não estivessem disponíveis (suas eficiências luminosas em lm/W , pois, do contrário, seria óbvio que a incandescente é menos eficiente), analisar o desperdício de energia de cada uma das lâmpadas é possível por meio do aparato do experimento das lâmpadas, capaz de estimar e comparar o desperdício de energia de uma lâmpada incandescente e uma lâmpada *LED*, ambas com fluxo luminoso similar.

No entanto, para compreender e realizar as estimativas do experimento das lâmpadas, torna-se imprescindível explorar o funcionamento das transferências de calor entre os corpos e o conceito de calor específico, assim como a equação correspondente. Em outras palavras, o aprendizado desses tópicos de Física está bem justificado dentro de uma aula que utilize o experimento das lâmpadas,

algo que, frequentemente, não costuma acontecer, pois, não são raras as vezes que equações e conceitos científicos são escritos no quadro sem qualquer contexto ou necessidade aparente. Moreira (2021, p. 1) é categórico quanto isso:

Mas por que ocupar-se de desafios para o ensino da Física? Porque esse ensino é muito problemático. Porque os alunos não aprendem Física significativamente. Memorizam mecanicamente fórmulas, definições, respostas certas, para serem reproduzidas nas provas e esquecidas logo depois.

Usando uma quantidade de água, cujo calor específico é conhecido, envolta por um calorímetro de isopor próximo à lâmpada incandescente e outro próximo à *LED* (ou seja, a quantidade de energia dissipada para o ambiente é tomada como desprezível devido ao isolamento térmico promovido pelo calorímetro de isopor), é possível estimar um valor para o desperdício de energia de cada lâmpada (detalhes dos procedimentos experimentais estão na próxima sessão), sendo necessário, para isso, discutir os conceitos de calor e calor específico e sua equação correspondente. Após a coleta de dados do desperdício de energia de cada lâmpada, em joules, e o tempo de execução do experimento (sugerimos vinte minutos, mas adaptações são possíveis), é notório que a lâmpada incandescente desperdiça mais energia do que a *LED*.

Ao optarmos por utilizar uma lâmpada incandescente ao invés de uma *LED*, potencializamos a discussão sobre o *desperdício relativo*, ou seja, a subtração entre o desperdício da lâmpada incandescente e o desperdício da lâmpada *LED*. Portanto, buscando um melhor entendimento dos alunos sobre o que significa, em dinheiro (algo mais “legível” no dia a dia do que a unidade de energia joule), esse desperdício relativo ao longo de um período de tempo maior que o realizado no experimento, sugere-se utilizar uma conta de luz com o preço de um quilowatt-hora e converter esse valor de desperdício relativo utilizando, como tempo, a expectativa de vida útil da lâmpada incandescente usada no experimento das lâmpadas (mil horas, em nosso caso).

Tendo o desperdício relativo, em dinheiro, sido calculado usando a vida útil da lâmpada incandescente como tempo, devemos construir uma discussão com os alunos acerca do uso em larga escala de lâmpadas incandescentes e do impacto econômico, social e ambiental que tal uso poderia gerar caso elas ainda estivessem disponíveis no mercado. Entretanto, tendo, como diretriz, a perspectiva CTS, também é necessário elencar possíveis impactos gerados pelo uso em grande escala das lâmpadas *LED* e, dessa forma, com os alunos, estabelecer uma problematização acerca da decisão da legalidade da venda de um tipo de lâmpada em detrimento da ilegalidade de outro.

Procedimentos experimentais

Nesta seção, discutiremos e apresentaremos os materiais básicos para a construção do experimento das lâmpadas, bem como detalharemos os procedimentos para sua execução. Todo o aparato experimental foi montado utilizando materiais de baixo custo e fácil obtenção. A utilização de experimentos de baixo custo tem sido uma perspectiva de pesquisa bem difundida na área de EF e apresenta-se como uma alternativa importante para os professores em sala de aula, especialmente na Educação Básica. Santos, Piassi e Ferreira (2004) destacam que utilizar materiais de baixo custo permite a realização de experimentos físicos sem a necessidade de ambientes especiais, como laboratórios de ciências, além de apresentar os fenômenos físicos em um aparato mais simplificado, cujo funcionamento não está escondido dentro da “caixa-preta” de um equipamento científico muito sofisticado.

Neste sentido, a experimentação de baixo custo poderia ser mais frequentemente utilizada durante as aulas de Física, pois, mesmo experimentos menos elaborados, conseguem abordar muito bem conceitos fundamentais da Física que estão presentes de forma mais simples ou complexa em

diversos contextos e situações do cotidiano. Dessa forma, o aprendizado significativo de conceitos científicos se tornaria algo mais assíduo dentro do contexto da Educação Básica brasileira.

O processo de montagem do experimento das lâmpadas e o aparato experimental construído são ilustrados na Figura 1 e Figura 2 que seguem:

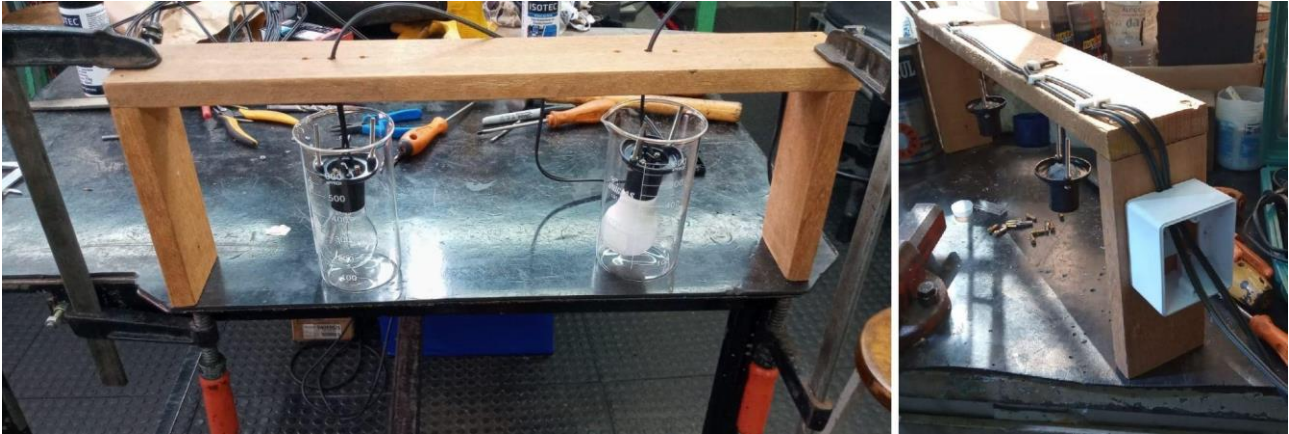


Figura 1: Processo de montagem do aparato experimental.

Destacamos, na Figura 1, na imagem à direita, que, como o experimento demanda o uso de corrente elétrica vinda de uma fonte de alimentação de 127 V (ou 220 V, a depender das lâmpadas utilizadas), as partes superiores dos dois soquetes das lâmpadas (onde ficam os parafusos que fazem o contato com a fiação) devem estar protegidas de qualquer contato, uma vez que, por ali, passará corrente elétrica. Assim, como na imagem, sugerimos que essas partes sejam preenchidas por algum material isolante, como, por exemplo, o que utilizamos: um adesivo de silicone acético.



Figura 2: Itens constituintes do experimento das lâmpadas/Experimento em funcionamento.

Na Figura 2, na imagem à direita, 100 ml de água estão dentro de cada um dos dois calorímetros de isopor, absorvendo a energia dissipada pelas lâmpadas em forma de calor. Na imagem à esquerda, estão expostos todos os itens utilizados no experimento das lâmpadas:

- Estrutura de madeira com dois soquetes de lâmpada de altura regulável, cada um com seu próprio interruptor;
- Dois calorímetros de isopor;
- Um copo de Becker de 600 ml;
- Dois termômetros culinários com faixa de medição de $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $300\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- Uma lâmpada incandescente de 40 W de potência elétrica e 516 lm de fluxo luminoso (com sua respectiva caixa com informações técnicas);
- Uma lâmpada *LED* de 6 W de potência elétrica e 560 lm de fluxo luminoso (com sua respectiva caixa com informações técnicas);
- Duas tampas de isopor com furos no meio para que os termômetros culinários possam entrar e fazer a medição da temperatura da água após a execução do experimento.

O processo de montagem da estrutura de madeira do experimento consiste nas etapas a seguir: uma peça de madeira foi cortada e parafusada para ser a estrutura de fixação das lâmpadas. Dois soquetes para as lâmpadas foram fixados, utilizando barras roscadas, o que permite o ajuste de altura delas. Por último, a fiação elétrica foi conectada a dois interruptores que ligam as lâmpadas à rede elétrica.

Os procedimentos experimentais para estimar os valores de desperdício de energia de cada lâmpada (e seu desperdício relativo) deram-se da seguinte forma: inicialmente, com o copo de Becker, foram medidos 100 ml de água para cada um dos calorímetros e esse volume foi despejado neles. Logo depois, usando os dois termômetros culinários, medimos, em $^{\circ}\text{C}$, a temperatura inicial da água em cada calorímetro e foram anotados esses valores em uma tabela no quadro branco. Então, encaixamos a estrutura de madeira, com a lâmpada incandescente e a lâmpada *LED* conectadas em seus respectivos soquetes, dentro dos calorímetros com água e, após cronometrar vinte minutos, as lâmpadas foram acesas, como na imagem à direita da Figura 2. Durante vinte minutos, o experimento seguiu em execução enquanto foi explanado aos alunos em sala de aula, no quadro branco e verbalmente, os conceitos de calor (e sua diferença em relação ao conceito de temperatura) e calor específico e sua equação correspondente. Findado o tempo, a estrutura de madeira contendo as lâmpadas foi retirada, rapidamente, de seu encaixe com os calorímetros e, em seguida, após colocar as tampas de isopor nos calorímetros, medimos, em $^{\circ}\text{C}$ novamente, a temperatura final da água em cada calorímetro, anotando esses valores na mesma tabela construída anteriormente.

Para estimar o desperdício de energia de cada uma das lâmpadas e seu desperdício relativo, foi apresentada a equação do calor específico que determina a quantidade de calor Q absorvida (ou cedida) por um corpo de determinada substância, em termos da quantidade de massa m da substância, do calor específico c da substância e da variação de temperatura ΔT sofrida pelo corpo:

$$Q = mc\Delta T$$

Obtivemos a variação de temperatura ΔT dos 100 ml de água em cada calorímetro por meio das duas medições feitas com os termômetros culinários. A massa m de cada um dos 100 ml de água foi calculada por meio da massa específica da água ρ , cujo valor aproximou-se para $\rho \cong 1\text{ g/ml}$, logo, $m \cong 100\text{ g}$. O calor específico da água c é conhecido e foi utilizado $c \cong 4,18\text{ J/(g}^{\circ}\text{C)}$.

A tabela completa construída durante a aplicação do experimento das lâmpadas pode ser visualizada na Tabela 1:

Tabela 1: Desperdício de energia da lâmpada incandescente, da lâmpada *LED* e o desperdício relativo entre as duas.

	Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	Varição da temperatura ΔT (°C)	Desperdício de energia Q (J)
Lâmpada incandescente	21,9	47,7	25,8	10784,4
Lâmpada <i>LED</i>	21,6	23,6	2,0	836
Desperdício relativo				9948,4

Fonte: Elaboração própria.

Para tornar mais simples os cálculos de estimativa de desperdício de energia referente ao tempo de vida útil da lâmpada incandescente e os cálculos posteriores que utilizaram essa estimativa, foi usado 10.000 J como o valor do desperdício relativo entre as lâmpadas.

O processo para estimar o desperdício de energia, em dinheiro, referente ao tempo de vida útil da lâmpada incandescente utilizado no experimento (mil horas, em nosso caso) foi o seguinte: sabendo-se que nos vinte minutos de execução do experimento o desperdício relativo foi de aproximadamente 10.000 J, então, para uma hora, esse desperdício seria de 30.000 J. Logo, para mil horas, o desperdício relativo seria de 30 milhões de joules.

Na sequência, determinamos quantos quilowatts-hora correspondem a 30 milhões de joules. Como um quilowatt-hora corresponde a 3,6 milhões de joules (sugerimos mostrar essa equivalência passo a passo aos alunos), bastou dividir 30 milhões de joules por 3,6 milhões de joules para saber que 30 milhões de joules correspondem a aproximadamente 8,33 quilowatts-hora. Por último, tendo, como referência, uma conta de luz, obtivemos o preço do quilowatt-hora, sendo este aproximadamente R\$ 0,80/kWh, e multiplicamos esse valor por 8,33 quilowatts-hora, chegando-se em um valor de desperdício relativo de aproximadamente R\$ 6,66 ao longo do tempo da vida útil da lâmpada incandescente utilizada no experimento.

Resultados

O experimento das lâmpadas foi construído e realizado durante o primeiro semestre letivo do ano de 2022, referente a uma unidade didática relacionada ao conteúdo de Termodinâmica, desenvolvida para a disciplina de Estágio de Docência em Física III (FIS01083), obrigatória no currículo do curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Durante a disciplina, a produção da unidade didática constituiu a elaboração do trabalho de conclusão de curso do primeiro autor deste trabalho e o experimento das lâmpadas foi planejado e desenvolvido nas aulas seis e sete desta unidade didática (de um total de oito aulas).

A aplicação do experimento das lâmpadas, bem como toda unidade didática supracitada, foi realizada em uma escola da rede pública estadual da cidade de Porto Alegre - RS, localizada no bairro Centro Histórico. A escola possuía em torno de 500 estudantes matriculados, sendo este número dividido entre os três turnos escolares e nas modalidades ensino médio regular, cursos técnicos e Educação de Jovens e Adultos (EJA).

A turma na qual foi realizado o experimento das lâmpadas foi a turma 201, do turno matutino, cuja modalidade era ensino médio regular. Essa turma possuía em torno de 20 a 30 alunos frequentes e, ao menos na disciplina de Física, pudemos perceber, ao longo das observações, um desinteresse pelas aulas e, além disso, a atenção dos alunos também era extremamente volátil. Possivelmente,

como visto na seção introdutória, esse desinteresse está relacionado ao método tradicional de ensino, o qual, segundo Darroz, ROSA e Ghiggi (2015, p. 72):

Contrapondo-se à aprendizagem significativa, Ausubel salienta que, na aprendizagem mecânica, a nova informação é armazenada de maneira arbitrária e literal, não interagindo com as informações existentes na estrutura cognitiva. Assim, pouco ou nada contribui para a elaboração e diferenciação de conceitos.

Então, os conteúdos escolares, desvinculados das discussões associadas ao cotidiano, tendem a desmotivar os estudantes. Portanto, neste trabalho, buscamos construir uma proposta que mudasse esse cenário.

Neste sentido, calculado em dinheiro, o desperdício relativo referente ao tempo de vida útil da lâmpada incandescente utilizado no experimento (mil horas) foi de aproximadamente R\$ 6,66, ficando claro que é um valor diminuto. Todavia, salientamos aos alunos que esse valor refere-se a *uma lâmpada incandescente apenas* e, se pensarmos em todas as lâmpadas de uma residência, ou de um condomínio, de um bairro, por exemplo, sendo incandescentes, o desperdício se tornaria de ordem significativa. Assim sendo, destacamos, do ponto de vista da atividade, que isso deve ser evitado, porque não converge com um modelo de sociedade que preza pela sustentabilidade energética, tornando-se o ponto central para responder à questão socialmente relevante, inicialmente, feita: “Por que as lâmpadas incandescentes tiveram sua venda, com finalidade de iluminação, proibida no Brasil ao público em geral?”.

Ainda, foi possível construir uma noção rudimentar do quão grande era o desperdício de energia no Brasil, em dinheiro, utilizando uma reportagem² que aborda o fato de que, no Brasil, ainda se consumia em torno de trezentos milhões de lâmpadas incandescentes por ano (2013). Dessa forma, idealizando-se que todas essas lâmpadas incandescentes fossem idênticas a que foi utilizada no experimento das lâmpadas (uma lâmpada de 40 W de potência, em nosso caso) e que todas tiveram uma vida útil de exatamente mil horas, esse desperdício global seria simplesmente o produto de trezentos milhões pelo desperdício relativo, em dinheiro, encontrado para uma única lâmpada incandescente (R\$ 6,66). Assim sendo, provavelmente esse desperdício estaria na ordem de bilhões de reais (estimamos aproximadamente dois bilhões com nossos dados) em apenas um ano.

Por último, foi necessária uma problematização: após as mensurações do experimento e as discussões realizadas quanto ao uso em grande escala da lâmpada incandescente, não restam dúvidas que o argumento utilizado pela legislação brasileira para a proibição da venda desse tipo de lâmpada, com finalidade de iluminação, tem seu embasamento no desperdício de energia e no respectivo desperdício de dinheiro que a utilização dessas lâmpadas gera. Portanto, nós, enquanto sociedade, optamos por tornar ilegal o uso em larga escala de lâmpadas incandescentes. Todavia, o uso, também em larga escala, de outros tipos de lâmpadas, em especial, as lâmpadas *LED*, é algo totalmente dentro da lei. Logo, veio à tona a seguinte questão: “A proibição da venda das lâmpadas incandescentes no Brasil, enquanto outros tipos de lâmpadas têm seu comércio liberado, é uma decisão correta?” Esperávamos que, após a execução completa do experimento das lâmpadas e de todos os passos subsequentes supracitados, a resposta dos alunos fosse em concordância com a legislação e, de fato, isso ocorreu. Entretanto, à luz da perspectiva CTS, ressaltamos que a resposta seria indubitavelmente “sim” apenas se *o único fator relevante nessa decisão fosse o desperdício de energia*, o que pode não ser verdadeiro. Logo, foi proposto aos alunos que elencassem possíveis fatores importantes à decisão (sem dar uma resposta definitiva à questão), como o custo-benefício de diferentes tipos de lâmpadas, a produção de lixo eletrônico acarretada pelo uso em larga escala desses diferentes tipos de lâmpadas,

²A reportagem pode ser acessada em <<https://www.bonde.com.br/casa-e-decoracao/dicas/brasil-ainda-consome-300-milhoes-de-lampadas-incandescentes-por-ano-289759.html>>.

a vida útil de cada lâmpada, dentre outros e para qual dois tipos de lâmpadas utilizados no experimento esses fatores podem gerar impactos sociais e ambientais.

Com a aplicação do experimento das lâmpadas, foi possível perceber que ele, quando visto pelos alunos, gerou imediata curiosidade acerca do que abordava. Quando em funcionamento, alguns alunos manifestaram interesse em fotografá-lo. Um aspecto marcante do experimento, do ponto de vista de potencialidades de aprendizagem, foi o interesse repentino que alguns alunos demonstraram quanto ao funcionamento dos diferentes tipos de lâmpadas disponíveis no mercado, perguntando qual era o princípio de funcionamento dos principais tipos (ver seção seguinte) e como o processo de geração de energia luminosa de cada tipo está relacionado com seu respectivo desperdício energético.

Destacamos também que o experimento teve o potencial de fazer com que os alunos entendessem que calor é uma forma de energia (bem como a radiação eletromagnética na faixa do visível, ou seja, a luz) e que há uma diferença entre esse conceito e o conceito de temperatura. Isso foi elucidado quando alguns alunos foram convidados a aproximar suas mãos das duas lâmpadas acesas, antes da execução do experimento, e notaram que uma esquentava o ambiente muito mais que a outra, o que, após uma explicação direcionada, deixou claro que uma lâmpada transmitia mais energia térmica ao ambiente, ou seja, uma desperdiçava mais energia que a outra. Além disso, os discentes entenderam que o conceito de “desperdício energético” depende do tipo de energia de interesse em determinado dispositivo tecnológico. Por exemplo, a energia em forma de calor é um desperdício quando pensamos em lâmpadas, entretanto, um hipotético chuveiro elétrico que emitisse radiação eletromagnética na faixa do visível quando em funcionamento, teria seu desperdício energético relacionado não ao calor, mas à luz.

Quanto à proposta experimental como um todo, a atenção dos alunos manteve-se concentrada nas explicações experimentais, na preparação e execução do experimento e nas problematizações com enfoque CTS. Quando os conceitos de calor e calor específico, assim como a execução das etapas matemáticas para a estimação do desperdício energético de cada lâmpada e do desperdício relativo entre elas foram abordados, os alunos tendiam a dispersar seu foco na aula.

Em relação à questão da proibição da venda das lâmpadas incandescentes no Brasil, enquanto outros tipos de lâmpadas têm seu comércio liberado, foi nítido que alguns alunos ficaram surpresos ao não obterem, após suas respostas pessoais, uma resposta em definitivo para a problemática. Algo que evidencia que dentro da sala de aula normalmente as respostas já são disponibilizadas aos discentes sem reflexão alguma. Logo, é muito claro que os alunos estão condicionados e adaptados a aulas mais tradicionais. Neste sentido, devemos, paulatinamente, estimular novas metodologias de ensino dentro da sala de aula.

A utilização da problematização como estratégia didática no EF tem sido bastante promissora, principalmente, por aproximar os estudantes da relação existente entre os conteúdos escolares e os fenômenos associados ao seu cotidiano. Esse fator é fundamental, pois apresenta um dinamismo e forte apelo motivacional, uma vez que os problemas apresentados estão intimamente ligados à realidade social de cada um deles. Neste sentido, concluímos que o experimento das lâmpadas é uma excelente ferramenta para abordar o conceito de calor e calor específico (e sua equação correspondente) de forma não arbitrária e contextualizada, além de ser um forte motivador de discussões que permeiam a perspectiva CTS no ensino.

Sugestões de aprimoramento do experimento das lâmpadas

Durante a realização do experimento das lâmpadas, por meio de nossa avaliação e a partir de discussões acerca da proposta experimental, surgiram algumas ideias que consideramos valiosas para

possíveis aprimoramentos do experimento das lâmpadas ou para serem utilizadas como temas para futuras aulas que aproveitem o contexto desse experimento. Destacamos as seguintes possibilidades:

- Utilizar substâncias diferentes da água: álcool, vinagre, leite, dentre outros (com a mesma quantidade de massa ou, ao menos, o mesmo volume de substância e o mesmo tempo de execução do experimento quando feito com a água). Dessa forma, a abordagem do conceito de calor específico seria otimizada, mostrando que a mesma quantidade de energia em forma de calor (aproximadamente, evidentemente) transferida das lâmpadas para outra substância causaria uma variação de temperatura diferente daquela encontrada quando a água foi utilizada;
- Como visto na seção anterior, o experimento das lâmpadas fez com que alguns alunos demonstrassem interesse quanto ao funcionamento dos diferentes tipos de lâmpadas disponíveis no mercado. Portanto, seria interessante abordar, conceitualmente, os principais tipos de lâmpadas, como é seu processo de geração de energia luminosa e o porquê de determinado tipo de lâmpada ter maior ou menor parcela de energia sendo desperdiçada em forma de calor;
- Com o intuito de enriquecer o enfoque CTS no experimento das lâmpadas, sugerimos procurar argumentos contrários e favoráveis à proibição da venda das lâmpadas incandescentes no Brasil, os quais surgiram durante as deliberações acerca da legislação vigente. Os argumentos contrários e favoráveis poderiam ser mostrados após a resposta dos alunos à questão “A proibição da venda das lâmpadas incandescentes no Brasil, enquanto outros tipos de lâmpadas têm seu comércio liberado, é uma decisão correta?”, se possível, identificando quais foram os atores sociais que concordavam e os que discordavam da proibição. Dessa forma, os discentes teriam mais evidências de que qualquer decisão socialmente relevante tem natureza complexa e multifatorial e aquelas que, ainda assim, são permeadas por ciência, deixam claro que esta não é neutra.

Referências bibliográficas

- Auler, D. (2002). *Interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade no Contexto da Formação de Professores de Ciências*. Tese de Doutorado. Florianópolis: CED/UFSC, 2002. Acesso em 31 ago., 2023, <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/82610>
- Batista, W. C. (2022) *Termodinâmica à Luz da Teoria de Ausubel: Uma Experiência de Docência na Escola Técnica Estadual Senador Ernesto Dornelles*. Trabalho de Conclusão de Curso. Porto Alegre: IF/UFRGS, 2002. Acesso em 31 ago., 2023, <http://hdl.handle.net/10183/252067>
- Borges, A. T. (2002). *Novos rumos para o laboratório escolar de ciências*. Caderno Brasileiro de ensino de Física, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002. Acesso em 31 ago., 2023, <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6607>
- Darroz, L. M., ROSA, C. D., & Ghiggi, C. M. (2015). *Método tradicional x aprendizagem significativa: investigação na ação dos professores de física*. *Aprendizagem Significativa em Revista, Porto Alegre*, 5(1), 70-85.
- Goulart, B. N. K., Pastorio, D. P., & Vidmar, M. P. (2023). *O papel do professor diante das tecnologias digitais de informação e comunicação no contexto do ensino remoto emergencial de Física e Ciências*. *Revista de Enseñanza de la Física*, 35(1), 17-26. Acesso em 31 ago., 2023, <https://doi.org/10.55767/2451.6007.v35.n1.41387>

- Moreira, M. A.. (2021). Desafios no ensino da física. *Revista Brasileira De Ensino De Física*, 43, e20200451. Acesso em 31 ago., 2023, <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0451>
- Ribeiro, B. S., Souza, L. A. V. D., Lapa, I. H., Pires, F. S. T. L., Pastorio, D. P. (2022). *Just-in-time teaching para o ensino de física e ciências: uma revisão sistemática da literatura*. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 44. Acesso em 31 ago., 2023, <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2022-0075>
- Santos, E. I., Piassi, L. P. C., Ferreira, N. C. (2004) *Atividades experimentais de baixo custo como estratégia de construção da autonomia de professores de Física: uma experiência em formação continuada*. Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 9, Jaboticatubas: 2004, MG. Atas... Sociedade Brasileira de Física. Acesso em 31 ago., 2023, <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/ix/sys/resumos/T0058-1.pdf>
- Silva, J. C. X., & Leal, C. E. D. S. (2016). *Proposta de laboratório de física de baixo custo para escolas da rede pública de ensino médio*. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 39. Acesso em 31 ago., 2023, <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0167>
- Studart, N. (2019). *Inovando a ensinagem de física com metodologias ativas*. *Revista do professor de Física*, v. 3, n. 3, p. 1-24, 2019. Acesso em 31 ago., 2023, <https://doi.org/10.26512/rpf.v3i3.28857>