

.....
Matheus Cotta da Silva^{1,#} , Frederico Alan de Oliveira Cruz¹

¹Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, Brasil.
.....

Palavras-chave

física
meio ambiente
ensino de ciências

Resumo

A necessidade de abordar temas atuais dentro das aulas, independentemente da disciplina, tem se tornado cada vez mais relevante no cenário educativo em todo mundo. Dentro dessa perspectiva, este trabalho apresenta uma proposta de aparato experimental voltado para explorar conceitos de física, química e questões ambientais, alinhada com a nova Base Nacional Comum Curricular (BNCC) atualizada. São apresentadas possibilidades de atividades que o professor poderá realizar com os alunos durante as aulas, introduzindo conceitos como: a capacidade térmica, permitindo aos alunos entender como diferentes materiais respondem às mudanças de temperatura; a irradiação térmica, visando mostrar os princípios de transmissão de calor; e o pH, fornecendo aos estudantes conhecimentos básicos sobre a escala de acidez e alcalinidade. Também são apresentadas algumas sugestões para avaliação dos estudantes, assim como ferramentas para realização delas. Por fim, consideramos que a proposta aqui abordada oferece aos alunos uma oportunidade de compreender, de maneira acessível, conceitos importantes e como eles estão relacionados ao seu dia a dia.

1. Introdução

As discussões acerca do meio ambiente ganharam uma relevância crescente, especialmente nos últimos anos, devido à necessidade premente de mitigar os impactos decorrentes das ações humanas, tais como o descarte inadequado de resíduos, a utilização excessiva de combustíveis fósseis e a exploração irresponsável dos recursos naturais. Essa realidade impulsiona a incor-

poração transversal do tema na busca por um desenvolvimento de natureza sustentável, conforme estabelecido na Agenda 2030. Esse documento, proposto pela Organização das Nações Unidas e assinado por 193 países em 2015, sendo composto por 17 objetivos que abrangem três dimensões do desenvolvimento: ambiental, econômico e social [1].

Para alcançar os objetivos delineados em cada item, é imprescindível que a sociedade compreenda

É imprescindível que a sociedade compreenda o papel de cada indivíduo na construção de um mundo mais equilibrado

.....
#Autor de correspondência. E-mail: cottafis@gmail.com.

Este é um artigo de acesso livre sob licença Creative Commons



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

o papel de cada indivíduo na construção de um mundo mais equilibrado. Contudo, para que isso ocorra, as informações devem ser transmitidas de maneira apropriada. Nesse contexto e considerando as distintas fases do desenvolvimento humano, as escolas desempenham um papel fundamental na formação das gerações futuras e na inserção de uma visão adequada acerca do desenvolvimento sustentável [2]. No entanto, dois desafios surgem como obstáculos a uma abordagem adequada: o primeiro relaciona-se à maneira de abordar os conteúdos de meio ambiente com todas as disciplinas da grade curricular, enquanto o segundo diz respeito à carência de recursos adequados para uma abordagem eficaz durante as aulas [3].

Sobre o primeiro aspecto mencionado, o tema meio ambiente, mesmo com a existência da Lei 9.795, que dispõe sobre a educação ambiental [4], da qual derivou a Política Nacional de Educação Ambiental (Pnea), não parece ser um foco, por exemplo, das disciplinas de física no ensino básico, e, como resultado, não é contemplado nos manuais escolares. Além disso, os cursos de formação de professores em física não consideram esse tema objeto de interesse, sendo discutidas muitas leis e relações matemáticas sem que situações reais sejam sequer analisadas. Embora exista um propósito formativo subjacente a esse processo, é evidente essa realidade produz impacto direto na discussão adequada de diversos temas de interesse tecnológico e social, sejam aqueles relacionados ao aumento do efeito estufa, até os processos do descarte correto e geração de energia a partir do lixo.

O segundo ponto abordado está estreitamente ligado ao primeiro, devido à extensão já considerável dos programas de física, que muitas vezes precisam ser seguidos para a aplicação de avaliações unificadas/padronizadas em escolas de uma mesma rede [5]. A inclusão desses conteúdos adicionais pode ser percebida pelos professores como desnecessária, resultando na falta de dedicação de tempo para seu desenvolvimento. Essa situação contribui para a carência de debates cruciais e, conseqüentemente, para uma formação escolar que não está alinhada com as necessidades do mundo contemporâneo.

No entanto, com as mudanças ocorridas na estrutura curricular da educação básica brasileira, após a entrada em vigor da Resolução CNE/CP n° 4, que instituiu a Base Nacional Comum Curricular para o Ensino Médio, e com o documento normativo que contém o conjunto de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver, os conteúdos das disciplinas de física, por exemplo, foram distribuídos ao longo dos 12 anos de escolaridade [6, 7]. Temas como calor específico, capacidade térmica e transferência de calor, que

eram anteriormente abordados apenas no Ensino Médio, agora encontram espaço nos conteúdos apresentados aos alunos do 5° e 7° ano [7].

A questão em análise deve-se à falta de domínio de certos conceitos matemáticos e às dificuldades de abstração inerentes à idade, por isso a apresentação desses conteúdos não poderá ser centrada exclusivamente na resolução de problemas puramente algébricos. Apesar de ser um aspecto positivo, para o cumprimento adequado das exigências das novas recomendações curriculares, é necessária uma grande mudança metodológica, que permita a concretização dos objetivos de aprendizagem e, conseqüentemente, produza um impacto positivo na formação de indivíduos mais preparados para os desafios do mundo contemporâneo. Para isso ocorrer, o modelo tradicional de ensino, baseado na

mera exposição oral do professor e no uso de desenhos estáticos (na lousa ou projetados por algum sistema diapositivo), não deve mais ser adotado.

A realidade que se impõe, apesar de ser frequentemente negligenciada, é que é imperativo recorrer a outras ferramentas e recursos, sejam eles baseados em tecnologias digitais ou não, que apoiem a prática docente e o processo de aprendizagem dos alunos. Além disso, alunos que adquirem literacia científica por meio de abordagens investigativas demonstram um desempenho superior em comparação àqueles que foram ensinados por métodos tradicionais, conforme indicado por estudos anteriores [8-10]. É precisamente nessa perspectiva que o presente trabalho foi realizado e nele é apresentada uma proposta que permite a discussão de conceitos físicos previamente mencionados, com o uso de um aparato experimental que proporcione um certo grau de interação dos estudantes com o fenômeno observado e permita a eles avaliar a variação de temperatura em função das condições.

2. Conceitos associados à proposta

Com o intuito de implementar a proposta, serão apresentados conceitos importantes que permitam ao leitor compreender os fundamentos necessários que a embasam.

2.1. Trocas de calor

A termodinâmica é o ramo da física que estuda as causas e os efeitos de mudanças de grandeza de interesse, como: a temperatura, a pressão e o volume. Nesse processo, o trânsito de energia térmica que produz a alteração dos parâmetros já mencionados pode ocorrer por três diferentes maneiras:

A realidade que se impõe, apesar de ser frequentemente negligenciada, é que é imperativo recorrer a outras ferramentas e recursos, sejam eles baseados em tecnologias digitais ou não, que apoiem a prática docente e o processo de aprendizagem dos alunos

- **Condução:** fenômeno intrínseco à transferência de energia térmica entre diferentes regiões, resultante da existência de um gradiente de temperatura, ocorrendo mediante o contato entre partículas constituintes de uma mesma substância ou entre materiais distintos, sem que haja movimento de matéria [11];
- **Convecção:** está associada à transferência de calor devido ao transporte de matéria em um fluido influenciado pela diferença de densidade e temperatura [12];
- **Radiação:** consiste na transferência de calor entre dois corpos, A e B, por meio de ondas eletromagnéticas, quando estes se encontram a diferentes temperaturas, sem estabelecer contato físico direto ou quando estão espacialmente separados [13].

O fenômeno das trocas de calor entre dois ou mais corpos engloba uma série de efeitos, que vão desde a variação da temperatura até a ocorrência de mudanças de fase, as quais dependem de características intrínsecas dos materiais em questão. Elas são descritas via parâmetros fundamentais, como a capacidade térmica, que indica a quantidade de energia térmica necessária para elevar a temperatura de um peso unitário de uma substância em 1 K (ou 1 °C), e o calor específico, que corresponde à quantidade de energia térmica requerida para alterar a temperatura de 1 kg de uma substância em 1 K (ou 1 °C) [14, 15].

No caso de duas ou mais substâncias líquidas colocadas em um recipiente, por exemplo, o calor específico (c_{pm}) dessa mistura considera as características de cada uma delas, sendo obtido pela média ponderada do calor específico de cada um deles (c_{pi}),

$$c_{pm} = \sum_{i=1}^n c_{pi} \cdot w_i, \quad (1)$$

sendo w_i a fração mássica de cada uma das substâncias [16]. A questão é que, na existência de diversos materiais em determinada região, a mais adequada é realizar a análise a partir da razão entre o calor trocado (Q) e a variação de temperatura sofrida (ΔT), obtendo-se, assim, o parâmetro denominado capacidade térmica (C)

$$C = \frac{Q}{\Delta T}, \quad (2)$$

propriedade diretamente relacionada com a quantidade de matéria presente na região em análise e fornece informações acerca da quantidade de calor necessária para alterar a temperatura de uma substância em uma unidade [17]. Embora esses parâmetros possam sofrer variações consideráveis devido às diferentes mudanças de fase dos componentes presentes na mistura, a expressão ainda se mostra útil na análise experimental de sistemas não homogêneos em diversos intervalos de temperatura [18].

Independentemente do parâmetro escolhido para a análise, quando uma mistura é colocada em um recipiente exposto a uma radiação constante, assumindo que não ocorram trocas de calor com a atmosfera, pode-se afirmar que toda a radiação líquida será utilizada para aumentar a temperatura da mistura. Dessa forma, a taxa de variação da temperatura (dT/dt) no recipiente pode ser estimada a partir da relação [19]

$$\frac{dT}{dt} = -k_1 \cdot T - k_2, \quad (3)$$

sendo k_i constantes associadas à mistura aquecida e T a temperatura inicial do sistema.

2.2. A termodinâmica e as questões ambientais

Não é difícil encontrar na natureza condições similares às apresentadas anteriormente, no qual uma fonte de calor produz alterações na temperatura de uma certa massa de água. Corpos d'água, como rios, que possuem considerável velocidade na direção longitudinal, lagos e reservatórios, que, em geral, possuem baixa velocidade na direção longitudinal e grande profundidade [19], apesar de possuírem características distintas, sofrem variações térmicas de maneira homogênea ou não pelo efeito da radiação.

Conforme observado por Sousa [20]: “os principais processos de transferência de energia que controlam a temperatura do meio aquático são a radiação solar, radiação térmica (radiação de ondas longas), evaporação, convecção ar/superfície da água e condução do leito para a água” (Fig. 1). Em outras palavras, diversos fatores estão envolvidos nesse processo.

Com relação à condução leito/água, ainda segundo Sousa [20]: “existe transferência de calor por condução entre o leito e a coluna de água quando existe um gradiente de temperatura entre os dois”, ou seja, a variação de temperatura sofrida dependerá das características dos materiais presentes no leito e não somente pela radiação que incide sobre ela. A questão é que:

No caso de poiquilotérmicos aquáticos, sejam invertebrados, como, por exemplo, insetos cuja fase larval ocorre na água, sejam vertebrados como os peixes, a velocidade das reações orgânicas é determinada pela temperatura da água, existindo exigências térmicas delimitadas por temperaturas basais em que ocorre desenvolvimento, faixas de tolerância, zonas de resistência (tolerância a regimes térmicos desfavoráveis por um tempo definido) e temperaturas letais... Nos crocodilianos, como outro exemplo de animais exotérmicos, o estilo de vida anfíbio, com procura frequente da água, tem função termorreguladora (LANG, 1987). Neles, características como o processo de alimentação e a taxa de crescimento são determinadas pela temperatura corporal (VERDADE et al., 1992) e o regime térmico de corpos d'água que fazem parte do seu habitat acaba sendo um fator fundamental na vida desses animais. [21, p. 432]

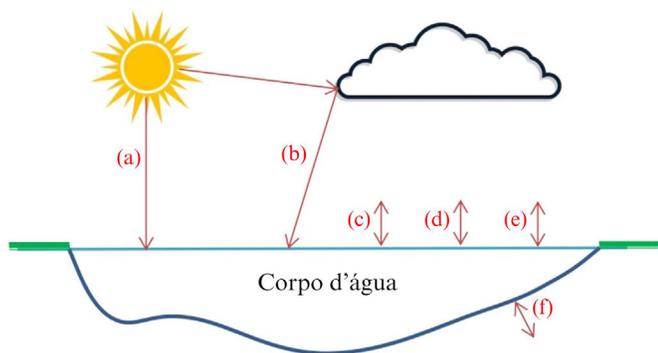


Figura 1 - Processos de transferência de calor: (a) radiação solar direta, (b) radiação solar difusa, (c) convecção, (d) evaporação/condensação, (e) radiação térmica e (f) condução. Retirado da Ref [20].

Além de afetar os animais, as variações na luminosidade e na temperatura também podem influenciar os processos adaptativos das plantas e de outros organismos fotossintetizantes. Vários autores apresentam informações relevantes, nos quais podemos citar alguns deles:

- Evans [22] observou que os cloroplastos localizados nas partes mais internas de uma folha ajustam sua atividade fotossintética de acordo com a quantidade de luz disponível, que pode ser alterada pela presença de uma camada de poluição existente na água;
- Dörken e Lepetit [23] destacam que diferentes tipos de folhas se adaptam a diversas condições de luz, o que resulta em variações de tamanho e na criação de mecanismos para se protegerem da intensa radiação solar;
- De acordo com Sonawane e cols. [24], o aumento da temperatura afeta a condução de água e CO_2 nas folhas das plantas, ameaçando seus processos vitais. Esse desequilíbrio pode comprometer a sobrevivência de espécies e desestabilizar a flora, causando impactos em cascata.

3. Materiais e apresentação do sistema desenvolvido

Visando atender as demandas dos conceitos que se pretende apresentar aos alunos para a construção do *kit*, foram utilizados os seguintes materiais: papel-alumínio, fita adesiva transparente, suporte de fibra de madeira de média densidade (MDF) com três orifícios, fitas de medida de pH, areia, três lâmpadas microicas halogêneas, três adaptadores para as lâmpadas, três reatores, um sensor de temperatura digital e um sistema de proteção para o sensor do termômetro (Figs. 2 e 3).

O aquário de vidro foi preenchido por uma fina camada de areia e uma quantidade de água de aproximadamente dois litros, o suficiente para que fosse formada uma condição possível de aquecimento e que os efeitos de estratificação térmica – associada à diferen-

ça de temperatura em diferentes camadas de água – pudessem ser desprezados (Fig. 4). Essa configuração é de relevância significativa, pois uma maior quantidade de água poderia, dependendo do contexto ambiental em que a tarefa é realizada, dificultar a avaliação do comportamento térmico.

Como fonte de iluminação e calor, optou-se por utilizar lâmpadas microicas halogêneas, cujo princípio de funcionamento baseia-se no aquecimento de um filamento de tungstênio envolvido por um gás inerte, con-

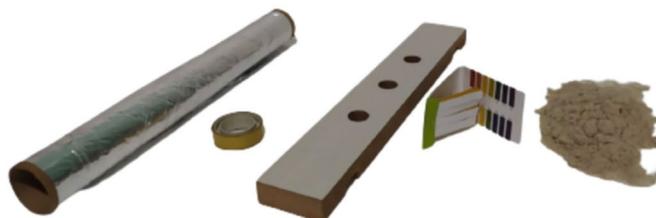


Figura 2 - Materiais utilizados do *kit*. Da esquerda para a direita: papel-alumínio, fita-cola, suporte de MDF com três orifícios, fitas de medida de pH e areia.

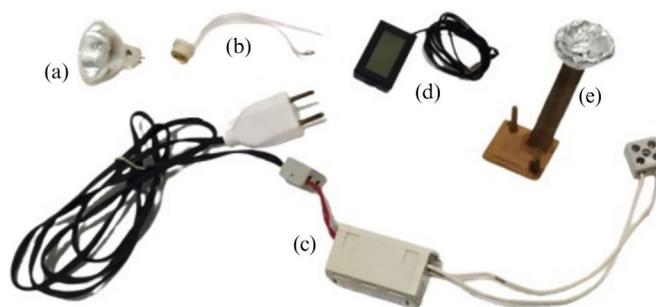


Figura 3 - Apresentação simplificada dos materiais utilizados do *kit*: (a) lâmpada microica halogênea, (b) adaptador para a lâmpada, (c) sistema de conexão do reator da lâmpada, (d) termômetro digital e (e) sistema de proteção do sensor do termômetro.

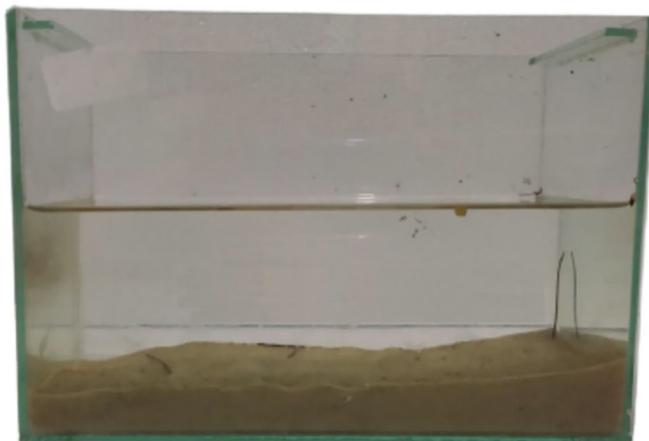


Figura 4 - Imagem do recipiente de vidro preenchido parcialmente por água e areia para a realização da atividade proposta.

tido em uma pequena câmara. É importante ressaltar que, ao adquirir esse tipo de lâmpada, é necessário ter cuidado, por existirem no mercado também as diólicas LED, que não são adequadas para a construção do *kit* devido à sua baixa emissão de calor.

Para posicionar as lâmpadas de maneira correta e evitar o contato delas com a água, foi utilizada uma pequena placa de MDF contendo três orifícios e duas regiões que permitissem o seu apoio no recipiente em que estavam a água e a areia (Fig. 5). Esse dispositivo é fundamental não apenas pela segurança, mas também por permitir a iluminação adequada do sistema e evitar qualquer fator que atrapalhasse a medida incorreta da temperatura. É importante mencionar que a escolha da madeira para o suporte teve como fator decisivo o fato de ela ser menos suscetível a deformações causadas por variações de umidade e temperatura em comparação com algumas madeiras naturais, o que no caso do *kit* proposto é bastante importante.

Para realizar a medição, utilizou-se um termômetro digital à prova de água, disponível em estabelecimentos especializados na comercialização de produtos para aquarismo. Ao colocá-lo no recipiente, é necessário protegê-lo da iluminação direta das lâmpadas, a fim de evitar o aumento da temperatura causado pela radiação incidente sobre o termômetro (Fig. 6). Por menor que seja a influência produzida pelas lâmpadas sobre o sensor, é conveniente que o sistema permita o monitoramento correto ao longo da atividade.

Após a adoção de todas as precauções mencionadas, o sistema deve ser montado e preparado, envolvendo-o em papel-alumínio e fixando-o com uma fita adesiva, a fim de evitar que influências externas afetem a temperatura (Fig. 7). Mesmo com o suporte devidamente instalado, é importante destacar que o professor deve adotar todas as medidas de segurança com relação às lâmpadas e ao recipiente com água, devido a possíveis riscos de acidentes. Isso não impede o uso do *kit*, mas requer atenção durante a execução da atividade, especialmente porque a proposta é destinada a alunos com aproximadamente 11 anos.

4. Proposta de utilização do sistema e discussão

Como elemento básico, em função do público para qual a proposta foi desenvolvida, consideramos que para a quantidade de água utilizada é possível descar-

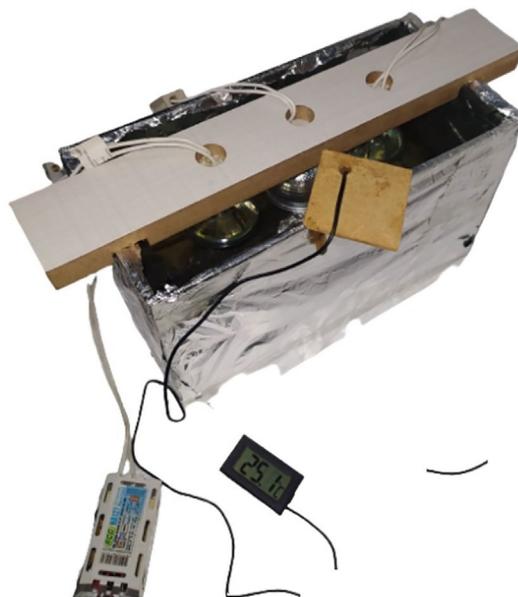


Figura 6 - Detalhamento da fixação e proteção do termômetro utilizado na atividade.

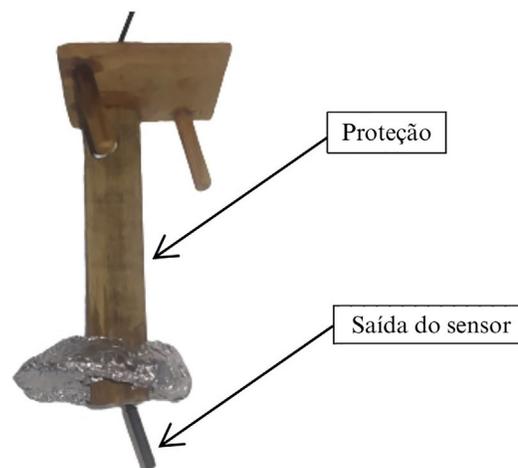


Figura 7 - Apresentação do *kit* montado e pronto para o uso na atividade.

tar o princípio de estratificação térmica, ou seja, a temperatura é igual ao longo da vertical.

4.1. Atividade 1: Discutindo a radiação térmica

A primeira atividade tem como objetivos:



Figura 5 - Esquema da montagem das lâmpadas no suporte de MDF.

- Avaliar se a temperatura está sujeita a variações rápidas e frequentes ou se se mantém em um nível relativamente estável. É possível, considerando a abordagem, introduzir o conceito de comportamento médio;
- Avaliar o efeito do aumento da temperatura a partir de uma fonte luminosa, estabelecendo uma conexão direta entre radiação térmica e aquecimento;
- Fazer um paralelo entre o aquecimento da massa de água e a fonte de calor do nosso planeta;

Os dois primeiros itens podem ser realizados por meio da utilização do *kit* em dois momentos: um deles com a fonte de luz desligada e posteriormente ligada. Os alunos devem ser incentivados a acompanhar a indicação da temperatura apresentada pelo termômetro e a fazer anotações em uma ficha ou folha adequada. Eles devem conseguir perceber que, apesar de pequenas flutuações, ao longo do tempo haverá um aumento gradual da variação da temperatura, como explicitado na Fig. 8. Caso a experiência seja aplicada em anos escolares mais avançados, uma possibilidade interessante é avaliar a taxa de variação da temperatura na fase de aquecimento. No presente estudo, através da análise de regressão linear (representada pela linha contínua), foi possível estimar – com um coeficiente de determinação de 0,9964 – que essa taxa foi de 0,29 °C/min.

Considerando o nível de escolarização para o qual esta proposta é destinada, é considerado dispensável que os alunos criem gráficos no plano cartesiano, como os mostrados anteriormente, uma vez que ainda não possuem conhecimento desse conceito. As anotações realizadas por eles serão suficientes para a percepção do fenômeno em questão. No entanto, caso a atividade seja realizada em níveis mais avançados de escola-

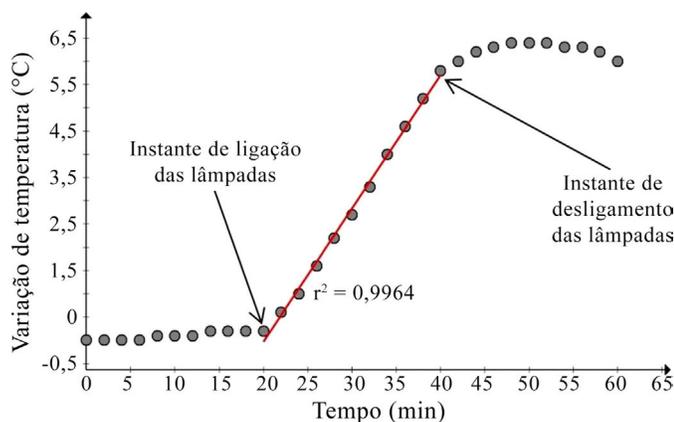


Figura 8 - Variação da temperatura da água nas seguintes fases: (a) lâmpadas desligadas; (b) lâmpadas ligadas; (c) lâmpadas desligadas.

rização, a representação gráfica das medidas pode ser bastante pertinente.

Deve-se ressaltar que o professor pode aproveitar essa atividade para introduzir dois conceitos fundamentais. O primeiro deles é o de ondas eletromagnéticas, um tema de natureza abstrata que pode ser desafiador para a maioria dos alunos. O segundo conceito é o princípio da transferência de calor por radiação, estabelecendo um paralelo para os alunos poderem compreender como ocorre o aquecimento da Terra. Ao fazer esse paralelo entre aquecer uma porção d'água com uma lâmpada e o Sol como fonte de calor do nosso planeta, é possível promover uma compreensão mais tangível e visual dos conceitos, favorecendo a compreensão dos alunos.

É importante destacar que atividades demonstrativas sobre a fotossíntese podem ser incluídas no sistema. Para isso, basta introduzir uma planta aquática como a Elódea (*Elodea sp.*) no recipiente. Ao realizar esta ação, devido às características do vegetal, é possível observar a formação e liberação de bolhas de oxigênio pelas folhas na presença de luz, conforme descrito por Bassolite e cols. [25]. Essa abordagem prática não apenas fornece uma ilustração visual da fotossíntese em ação, mas também pode estimular a curiosidade dos estudantes e facilitar a compreensão deles acerca dos processos biológicos complexos. No entanto, vale ressaltar que, embora a observação das bolhas seja uma ferramenta valiosa para demonstrar a fotossíntese, o nosso estudo não

se concentrou neste aspecto. Como dito anteriormente, direcionamos a nossa atenção para o processo de aquecimento da água devido à incidência de radiação e a influência da capacidade térmica média do sistema.

4.2. Atividade 2: Introduzindo o conceito de capacidade térmica

A segunda atividade tem como objetivos:

- Mostrar que a variação da temperatura não ocorre da mesma maneira em dois ambientes distintos;
- Introduzir o conceito de capacidade térmica;
- Fazer um paralelo com situações de poluição de rios e lagos.

O primeiro item pode ser realizado repetindo a atividade anterior, mas agora a água deverá conter outros elementos no seu interior, como pequenos pedaços de plástico e limalha de ferro (Fig. 9). Novamente, os estudantes poderão perceber um aumento na variação da temperatura, como o gráfico produzido apresentará valores diferentes que aqueles obtidos anteriormente, isso provocará questionamentos sobre o porquê da diferença. Mais uma vez, é possível realizar uma aná-

Ao fazer esse paralelo entre aquecer uma porção d'água com uma lâmpada e o Sol como fonte de calor do nosso planeta, é possível promover uma compreensão mais tangível e visual dos conceitos, favorecendo a compreensão dos alunos

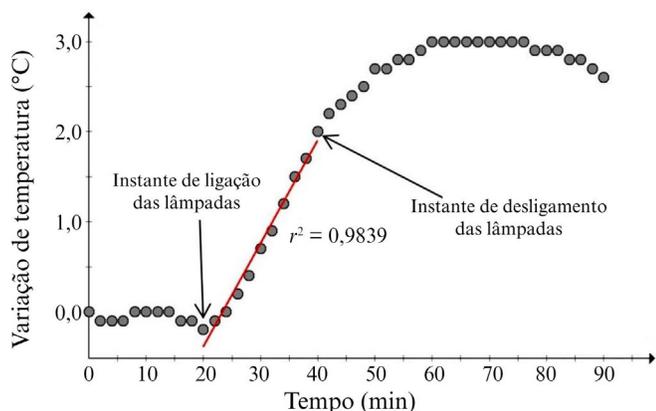


Figura 9 - Variação da temperatura da água nas seguintes fases: (a) lâmpadas desligadas; (b) lâmpadas ligadas; (c) lâmpadas ligadas.

lise da fase de aquecimento por regressão linear, que, neste caso, foi em torno de $0,11 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{min}$ (com $r^2 = 0,9839$), isto é, uma redução de quase 60% da taxa inicial.

Nesta etapa, o professor deve introduzir o conceito de capacidade térmica aos alunos, pois, mesmo que a energia térmica emitida pelas lâmpadas seja a mesma, a variação de temperatura é diferente. Isso ocorre devido a propriedades do meio que foram modificadas pela adição dos diversos materiais à água. Embora haja uma alteração no calor específico médio do sistema em razão da presença desses materiais, a avaliação por meio da capacidade térmica se mostra mais adequada e menos exigente do ponto de vista cognitivo para os alunos.

Ao concluir essa atividade, é importante que o professor aborde questões relacionadas à poluição de manguezais e pequenos lagos, nos quais a camada de água é reduzida. Esses ambientes podem sofrer mudanças significativas no comportamento térmico por causa da presença de alguns materiais, pois certos poluentes podem reduzir a capacidade de retenção de calor da água, fazendo com que ela aqueça mais rapidamente em resposta à radiação solar. Além disso, alguns poluentes podem afetar a absorção de radiação solar pela água, aumentando, assim, a quantidade de calor absorvido. Essas alterações na capacidade térmica podem levar a mudanças significativas na temperatura da água, afetando os processos ecológicos e a vida aquática.

4.3. Atividade 3: Alterações químicas

A terceira atividade tem como objetivos:

- Introduzir o conceito de ácido e base;
- Mostrar que as substâncias podem ser classificadas por uma escala numérica (a escala de pH);
- Mostrar que a água pura possui pH neutro.

A última atividade, embora apresente uma abordagem mais próxima das discussões realizadas nas aulas de química, não deve ser subestimada, pois ela desempenha um papel significativo na conscientização dos alunos sobre o impacto gerado pelo lançamento de substâncias tóxicas em ecossistemas aquáticos e suas consequências para a vida nesse ambiente. Ela é crucial para os estudantes perceberem a magnitude das repercussões ecológicas provocadas por essas ações.

No caso de a atividade ser realizada em grupo, os estudantes receberão duas fitas de pH e deverão realizar dois procedimentos:

- No reservatório com água e areia, e sem que sejam ligadas as luzes, eles devem mergulhar a fita de pH e verificar se ela mudou de cor (Fig. 10), todo o procedimento e também o resultado deve ser registrado;
- No reservatório com água e areia, deve ser inserido um pouco de vinagre. Esperam-se alguns minutos e, sem que sejam ligadas as luzes, eles devem mergulhar outra fita de pH e verificar se ela mudou de cor (Fig. 10). Novamente, todo o procedimento e o resultado devem ser registrados;
- Os alunos devem apresentar as suas conclusões e buscar explicações para o que ocorreu.

5. Considerações finais

Um aspecto relevante associado à proposta apresentada neste trabalho reside na sua concentração na apresentação de algumas grandezas físicas conceitualmente, por meio da observação do parâmetro temperatura. Consoante às orientações estabelecidas na nova Base Nacional Comum Curricular (BNCC) do Brasil, esta abordagem deve ser introduzida aos alunos desde os primeiros anos de escolarização até ao Ensino Médio, abrangendo diversas disciplinas como ciências, matemática e geografia. No caso específico do público-alvo em questão, a temática está presente no currículo da Educação Infantil, assim como no 4º e 5º ano, durante

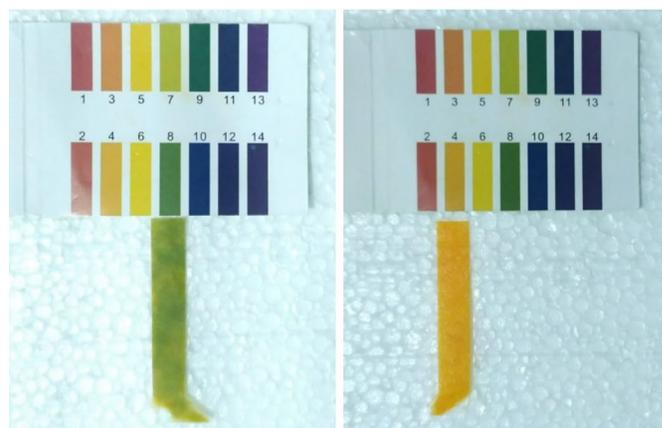


Figura 10 - Teste da fita de pH: à esquerda, após a sua inserção no recipiente com água do mar sem vinagre; e à direita, o resultado após ser adicionado vinagre.

as aulas de matemática, como consta no atual documento:

Explorar e descobrir as propriedades de objetos e materiais (odor, cor, sabor, temperatura) [7, p. 51]... Medidas de temperatura em grau Celsius: construção de gráficos para indicar a variação da temperatura (mínima e máxima) medida em um dado dia ou em uma semana [7, p. 292]... Medidas de comprimento, área, massa, tempo, temperatura e capacidade: utilização de unidades convencionais e relações entre as unidades de medida mais usuais [7, p. 296].

Assim sendo, não é de se esperar quaisquer dificuldades particulares relacionadas à compreensão do objeto de análise, ou seja, os alunos devem conseguir medir e registrar os valores de temperatura apresentados pelo termômetro ao longo do tempo, exceto em situações específicas que envolvam alunos com necessidades educativas especiais. No caso de indivíduos com discalculia, por exemplo, poderá surgir uma dificuldade na compreensão dos valores e, conseqüentemente, no registro dos dados em uma tabela. Segundo Hudson [26, p. 53], um aluno nessa condição apresenta diversas características, entre elas: “falta de compreensão intuitiva dos números”, “não é capaz de reconhecer padrões numéricos para dizer quantos itens existem em um grupo” e “inverte números”, entre outras.

No caso da construção do gráfico da temperatura em função do tempo, não consideramos que seja fundamental em um primeiro momento. Contudo, a BNCC [7, p. 281] indica que os alunos devem desenvolver a seguinte habilidade: “ler dados expressos em tabelas e em gráficos de colunas simples”. Além disso, para o 2º ano, é explícito entre os objetos de conhecimento: “coleta, classificação e representação de dados em tabelas simples e de dupla entrada e em gráficos de colunas” [7, p. 284]. Assim, consideramos que pode ser interessante que o professor forneça aos alunos folhas com pequenos quadriculados e os incentive a construir um gráfico de barras da temperatura em função do tempo para os valores observados.

No que concerne aos aspectos de implementação em sala de aula, para além dos cuidados já mencionados, é de extrema importância evitar a adição de substâncias tóxicas ou inflamáveis à água, a fim de prevenir quaisquer acidentes ou situações de risco. Por exemplo, a inserção de álcool no sistema, sujeito ao aquecimento provocado pelas lâmpadas, pode resultar em odor desagradável e, em certos casos, pequenas chamas. Ressalta-se que, devido ao nível escolar a que a proposta se destina, é necessário que o professor adote precauções adicionais para evitar desconfortos ou constrangimentos desnecessários para os alunos.

Uma vez que é necessário aos alunos para atribuição de notas, uma prática que viabiliza a classificação final, o professor poderá optar por diferentes abordagens:

- Avaliação da participação via fichas de observação e acompanhamento. No entanto, em certas situações, como aquelas em que há um número excessivo de alunos, isso pode se tornar mais complexo;
- Avaliação dos registros realizados pelos alunos;
- Avaliação com o uso de questionários eletrônicos do tipo *quiz*, como os da plataforma Kahoot! ou Quizizz, contendo questões associadas às atividades realizadas.

É fundamental ressaltar que a implementação da proposta pode ter impactos variados nos estudantes. No entanto, é inegável que abordagens de questões ambientais por meio de atividades experimentais promovem mudanças significativas nos alunos. De acordo com Oliveira e Mesquita [27], ao incorporar elementos práticos para discutir questões ambientais, observa-se um “engajamento comportamental, emocional e cognitivo” por parte dos alunos. Além disso, conforme mencionado por Oliveira [28], que empregou diversas abordagens para o ensino de questões ambientais, o uso de atividades experimentais é um “poderoso instrumento a ser utilizado na sala de aula”. Isso vale, ainda segundo a autora, inclusive para a Educação de Jovens e Adultos, uma vez que tais práticas elucidam conceitos complexos sem simplificá-los em excesso: “mas demonstrando como efetivamente os fenômenos ocorrem” [28].

Por fim, consideramos que o conjunto de atividades

que podem ser realizadas com o *kit* proposto poderá promover uma reflexão aprofundada nos alunos, suscitando neles a importância do descarte adequado de resíduos e da necessidade de evitar o impacto prejudicial das ações humanas sobre o meio ambiente. Isso poderá, em algumas situações, motivá-los a identificar soluções inovadoras e sustentáveis para os desafios atuais relacionados

aos resíduos nas escolas e em suas residências, incentivando-os a se tornarem agentes de mudança nos ambientes que frequentam.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Matheus Cotta da Silva ao Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) pelo financiamento da sua bolsa do Programa de Educação Tutorial – subprojeto de Física (PET-Física).

Recebido em: 16 de Junho de 2023

Aceito em: 21 de Agosto de 2023

De acordo com Oliveira e Mesquita [27], ao incorporar elementos práticos para discutir questões ambientais, observa-se um “engajamento comportamental, emocional e cognitivo” por parte dos alunos

Referências

- [1] Nações Unidas, *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: 17 Objetivos Para Transformar o Nosso Mundo*. Disponível em <https://is.gd/4JsehG>, acessado em 10/04/2023.
- [2] L. Rodrigues, *O Papel da Escola no Cumprimento da Agenda 2030*. Disponível em <https://is.gd/EizWof>, acessado em 18/08/2023.
- [3] A.V. Rodrigues, D. Oliveira, V.M. de Souza, V. Piacentini, *Investigação em Ensino de Ciências* **27**, 136 (2022). DOI
- [4] Brasil, Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Disponível em <https://is.gd/TyeIj7>, acessado em 18/08/2023.
- [5] R.C.P. Frangella, J.C.B. Mendes, *Ensaio* **26**, 296 (2018).
- [6] Ministério da Educação, *Resolução CNE/CP nº 4, de 17 de Dezembro de 2018*. Disponível em <https://is.gd/kehJTS>, acessado em 10/04/2023.
- [7] Brasil, *Base Nacional Comum Curricular: Educação é a Base* (MEC, Brasília, 2018).
- [8] A. Abdi, *Universal Journal of Educational Research* **2**, 37 (2014). DOI
- [9] R.F.M. Batista, C.C. Silva, *Ensino de Ciências* **32**, 97 (2018). DOI
- [10] Y. Ma. *Int. J. of Sci. and Math. Educ.* 2022. DOI
- [11] P.R. Dahoo, M. Khettab, J. Linares, P. Pougnet, *Embedded Mechatronic Systems 2* (Elsevier, Amsterdam, 2015), p. 79-106.
- [12] A.K.R. Choudhury, P.K. Majumdar, C. Datta, *Improving Comfort in Clothing* (Woodhead Publishing, Sawston, 2011), p. 3-60.
- [13] D.D. Ganji, Y. Sabzehmeidani, A. Sedighiamiri, *Nonlinear Systems in Heat Transfer* (Elsevier, Amsterdam, 2018), p. 105-151.
- [14] D. Haemmerich, *Principles and Technologies for Electromagnetic Energy Based Therapies* (Academic Press, Cambridge, 2014), p. 1-24.
- [15] J.G. Speight, *Gasification for Synthetic Fuel* (Woodhead Publishing, Sawston, Production 2015), p. 175-198.
- [16] M.G.P. Coelho, *Estudo da Transferência de Calor de Nanofluidos em Painéis Solares Térmicos*. Tese de Doutorado, Universidade do Minho, 2021.
- [17] M. Kamran, *Renewable Energy Conversion Systems* (Academic Press, Cambridge, 2021), p. 21-51.
- [18] V.K. Filippov, G.G. Chernik, *Thermochimica Acta* **101**, 65 (1986). DOI
- [19] M.F. Gobbi, *Introdução à Modelagem da Poluição Ambiental* (UFPR, Curitiba, 2007).
- [20] J.M.M.V. Sousa, *Modulação Matemática de Águas Térmicas em Meio Hídrico*. Dissertação de Mestrado, Universidade do Porto, 2006.
- [21] L.R. Angelocci, N.A. Villa Nova, *Sci. Agric.* **52**, 431 (1995). DOI
- [22] J.R. Evans, *New Phytol.* **143**, 93 (1999).
- [23] V.M. Dörken, B. Lepetit, *Plant Cell Environ.* **41**, 1683 (2018). DOI
- [24] B.V. Sonawane, N.K. Koteyeva, D.M. Johnson, A.B. Cousins, *New Phytologist* **230**, 1802 (2021). DOI
- [25] F. Bassoli, F. Ribeiro, R. Gevegy, *Ciência em Tela* **7**, 12 (2014).
- [26] D. Hudson, *Dificuldades Específicas de Aprendizagem* (Editora Vozes, Petrópolis, 2019).
- [27] Y.F. Oliveira, N.A.S. Mesquita, *Revista Debates em Ensino de Química* **7**, 137 (2021). DOI
- [28] M.M. Oliveira. *Práticas Experimentais de Baixo Custo Sobre Meio Ambiente na Educação de Jovens e Adultos/EJA*. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de São Paulo, 2023.