

DO CONSUMO AO REUSO: uma jornada investigativa sobre Águas Cinza

Adjair Leônidas Pereira Filho ¹
Micheline Barbosa da Motta ²

RESUMO

Este estudo investiga o potencial do reuso de águas cinza, que são efluentes domésticos provenientes de lavatórios, chuveiros, máquinas de lavar e pias, e que representam cerca de 67% das águas residuais geradas nos domicílios e que possuem baixo nível de contaminação, como uma prática sustentável por meio de uma Sequência de Ensino Investigativo (SEI) com alunos do ensino médio, tendo como propósito integrar conceitos científicos e práticas sustentáveis no ambiente escolar. Inicialmente, os alunos exploraram conceitos, fontes e benefícios de águas cinza usando ferramentas digitais como a Calculadora de Consumo de Água do IPT e se envolveram com conteúdo multimídia relevante. Posteriormente, eles planejaram e executaram um experimento prático para construir um sistema de filtragem simples usando materiais acessíveis e encontrados nas dependências da escola, como areia, brita e carvão ativado. Essa abordagem investigativa favoreceu o pensamento crítico, a autonomia, a colaboração e o protagonismo estudantil, promovendo a integração entre teoria e prática e fortalecendo a compreensão sobre a importância da conservação dos recursos hídricos. Os resultados evidenciam o potencial educacional, social e ambiental do método, demonstrando que o ensino por investigação é uma ferramenta eficaz para despertar a consciência ecológica, incentivar comportamentos sustentáveis e contribuir para a formação de cidadãos mais responsáveis e comprometidos com a sustentabilidade.

Palavras-chave: Ensino de Biologia, Educação Ambiental, Sequência de Ensino Investigativa, Sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e o avanço industrial, aliados ao uso inadequado dos recursos hídricos, contribuíram significativamente para o aumento da demanda por água doce e para a elevação da geração de efluentes no mundo. Os resíduos, tanto industriais quanto domésticos, quando descartados no meio ambiente sem o devido tratamento, intensificam a manipulação dos mananciais que abastecem a captação de água doce. A restrição das reservas globais de água doce, somada às restrições impostas ao descarte de efluentes, reforça a urgência

¹ Mestrando do Programa de Pós-graduação em Mestrado Profissional (PROFBIO) – Centro Acadêmico de Vitória (CAV) – Universidade Federal de Pernambuco, adjairleonidas@hotmail.com;

² Professora orientadora: Doutora em Educação, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, micheline.motta@ufpe.br;

de adotar práticas racionais no uso de recursos hídricos, buscando minimizar os impactos causados pela liberação de águas residuais sem tratamento. Nesse contexto, Medeiros, Gheyi e Soares (2010), destacam que a atividade agrícola e industrial, junto ao consumo humano, é responsável pelo incremento do consumo de água no planeta, exigindo fontes amplas e de qualidade adequada.

As águas cinza consistem em resíduos urbanos provenientes de banheiras, chuveiros, lavatórios, máquinas de lavar roupas, lava-louças e pias de cozinha (Feitosa et al., 2011). Para Chanakya e Khuntia (2014), essas águas são um tipo de eliminação doméstica que não contém fezes humanas, representando cerca de 67% do volume total das águas residuais domésticas produzidas.

De acordo com Hespanhol (2008), as águas cinza, quando submetidas a tratamentos de proteção, apresentam um potencial relevante para reutilização em atividades não potáveis. Essas águas possuem uma vazão relativamente constante ao longo do ano, são de fácil coleta e, devido à menor concentração de carga orgânica e organismos termotolerantes, exigem um nível de tratamento menos rigoroso em comparação às águas residuais domésticas convencionais. Embora, os benefícios do uso de água sejam diversos, é essencial garantir que a prática atenda aos padrões de qualidade estabelecidos pela legislação, especialmente, no que diz respeito aos aspectos microbiológicos, adequados a cada tipo de uso ou cultivo. Esse fator é fundamental para superar a resistência da população em relação aos produtos cultivados com água de reuso.

Segundo Bernardi (2003), a utilização de águas residuais oferece várias vantagens, como promover o uso sustentável dos recursos hídricos, incentivar a racionalidade no consumo de águas potáveis de alta qualidade, reduzir gastos com fertilizantes e matéria orgânica, melhorar a produtividade agrícola e ampliar a produção de alimentos. Dessa forma, é possível preservar a água potável, aumentando sua disponibilidade para o consumo humano. No entanto, é indispensável avaliar a composição química das águas cinzas antes de seu uso, uma vez que a concentração de compostos presentes pode atuar tanto como fonte de nutrientes e fertilizantes quanto como agentes nocivos no longo prazo.

Nesse sentido, este trabalho investiga o potencial do aproveitamento de águas cinza como uma prática sustentável, explorando seus fundamentos científicos e aplicações práticas por meio de uma sequência didática investigativa. O ensino por investigação busca envolver os estudantes em situações de aprendizagem centradas em problemas autênticos, experimentação e atividades práticas, promovendo a busca ativa por informações, a autonomia do educando, bem como a comunicação e a argumentação (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011).

Desse modo, abordar na escola questões ambientais por meio da investigação permite ao professor criar cenários que estimulem a curiosidade de seus alunos pelo tema, principalmente, em se tratando de uma situação real e local eles podem se sentir desafiados a questionarem seus conhecimentos prévios e conceitos.

Ao destacarmos a relevância ambiental da conservação dos recursos hídricos, dentro de uma abordagem investigativa, revelamos o mérito científico desse estudo que busca integrar conceitos interdisciplinares (da química, da biologia e da física) com aplicações práticas dos novos conhecimentos na vida cotidiana dos alunos. Há de se falar também da relevância social em abordar na escola questões ligadas à conservação dos recursos hídricos, devido à urgência de promover práticas conscientes e sustentáveis, essenciais para enfrentar desafios como a crise hídrica global. Espera-se que os resultados aqui apresentados tenham implicações significativas na melhor compreensão das características relacionadas à gestão da água e inspirem mudanças de comportamento que contribuam para a sustentabilidade ambiental e para a formação de cidadãos mais responsáveis. Os objetivos, desse estudo, incluem desenvolver habilidades investigativas nos alunos, aplicar tecnologias educacionais e incentivar ações práticas de sustentabilidade, oferecendo uma visão geral sobre a importância e aplicabilidade do tema.

METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa de abordagem, predominantemente, qualitativa. Segundo Bogdan e Biklen (1991), esse tipo de investigação utiliza o ambiente natural como fonte primária de dados, sendo o pesquisador o principal instrumento de coleta, o que permite a obtenção de informações descritivas a partir do contato direto com o contexto analisado. Nessa abordagem, há maior ênfase no processo do que nos resultados finais, buscando compreender as percepções e significados atribuídos pelos participantes.

A pesquisa foi desenvolvida com uma turma do 3º ano do Ensino Médio da Escola Estadual Major Lélío, localizada no município de Camaragibe – PE, composta por 23 estudantes, com idades entre 16 e 20 anos. A proposta teve como objetivo investigar as possibilidades de aprendizagem em Biologia por meio da aplicação de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) sobre o tema reuso de águas cinza, estruturada em quatro aulas de 50 minutos cada.

A Sequência de Ensino Investigativa (SEI), conforme descrita por Carvalho (2013), organiza-se em etapas que favorecem uma aprendizagem ativa e significativa:

(a) Problematização – levantamento de questões relevantes e hipóteses iniciais;

- (b) Sistematização do conhecimento – construção coletiva de explicações científicas;
- (c) Contextualização – análise e aplicação prática dos conhecimentos; e
- (d) Comunicação dos resultados – produção e socialização dos saberes construídos.

Durante a aplicação da SEI, foram utilizados diferentes instrumentos e técnicas de coleta de dados, como observação direta, registros escritos dos alunos, anotações de campo e registros fotográficos (autorizados pelos participantes e pela escola). A análise dos dados foi conduzida por meio da interpretação qualitativa das falas, registros e produtos desenvolvidos pelos estudantes, buscando compreender as aprendizagens conceituais, procedimentais e atitudinais geradas ao longo das atividades.

O desenvolvimento da sequência seguiu as etapas apresentadas no Quadro 1, que sintetiza os objetivos e as ações pedagógicas realizadas em cada aula.

Quadro 1 – Descrição das etapas da SEI sobre o tema Reuso de águas cinza desenvolvida em uma turma de biologia do 3º ano do ensino médio.

ETAPA	OBJETIVO DA ETAPA	DESCRIÇÃO
Problematização (Aula 1) Diagnóstico inicial	Levantar conhecimentos prévios e introduzir a temática.	Inicialmente, foram levantados os conhecimentos prévios dos estudantes, a partir do que eles entendiam por Águas cinza. Em seguida foi exibido um vídeo sobre situações de desperdício de água e reuso sustentável. (https://g1.globo.com/jornal-da-globo/noticia/2014/09/empresas-tratam-esgoto-e-conseguem-reutilizar-agua.html) Ao término do vídeo foram formados 5 grupos para responder e discutir as seguintes perguntas : <i>Como podemos reduzir o consumo de água em casa? Vocês já ouviram falar sobre águas cinza? O que acham que são? O que são águas cinza? Quais vantagens e desvantagens vocês enxergam no reuso?</i> Por fim, fizemos uma roda de conversa para resgatar as respostas de cada grupo.
Problematização e Sistematização do Conhecimento (Aula 2): Explorando o Consumo de Água Residencial com a Calculadora de Água do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT).	• Estimar o consumo de água em residências com base em hábitos cotidianos. • Identificar possíveis fontes de águas cinza e propor alternativas para seu reuso. • Promover a conscientização sobre a gestão eficiente dos recursos hídricos.	Iniciou-se com uma breve apresentação de <i>Slides</i> , pelo professor, dos conceitos: Águas cinza (definição, exemplos, características). Benefícios do reuso (sustentabilidade, economia de recursos). Cuidados e limitações (tipos de tratamento necessários). Após a introdução teórica sobre águas cinza e sustentabilidade , os estudantes, ainda divididos em grupos, foram convidados a responderem: <i>Quanto vocês acham que consomem de água diariamente em casa?</i> O professor pediu que os grupos registrassem as estimativas no caderno para compará-las após o uso do simulador. A seguir cada grupo acessou a Calculadora de Consumo de Água do IPT (https://calculadoradeagua.ipt.br/), utilizando <i>smartphones</i> e uma folha de registro para anotar os resultados obtidos no simulador. Cada grupo escolheu um integrante para realizar a simulação fornecendo os dados e hábitos de consumo de água em suas respectivas residências, anotando o total de litros consumidos por atividade e quais atividades consomem mais água. A atividade foi concluída com uma reflexão e discussão entre os grupos a partir das perguntas: <i>O consumo estimado pelo</i>

		<i>simulador está acima ou abaixo das expectativas do grupo?</i> <i>Quais hábitos poderiam ser alterados para reduzir o consumo?</i> <i>Quais dessas atividades poderiam utilizar águas cinza em vez de potável?</i>
Contextualização (Aulas 3): Planejamento e execução de experimento prático	Desenvolver habilidades investigativas por meio de um experimento sobre o reuso de águas cinza.	Desafio Investigativo: <i>Como poderíamos construir um sistema simples de reuso de águas cinza na escola com materiais disponíveis aqui na escola?</i> Novamente, divididos em 05 grupos, os estudantes receberam um guia (https://www.brasilsolidario.org.br/wp-content/uploads/kit_P4.pdf) de como montar um filtro simples para águas cinza usando itens como areia, carvão-ativado, pedras, garrafas PET ou recipientes reutilizáveis. Assim, os alunos foram orientados a documentar o processo com fotos, anotações e medições.
Comunicação dos resultados (Aula 4): Análise dos resultados e socialização	Refletir sobre o experimento e conectar as aprendizagens ao cotidiano.	Apresentação: Cada grupo explicou seu protótipo, as dificuldades enfrentadas e os resultados obtidos. Discussão coletiva: Os estudantes foram questionados a refletir sobre: <i>O que aprendemos sobre a importância do reuso? Como podemos aplicar essas ideias em nossa escola e/ou na comunidade?</i> Avaliação: foi dividida em duas perspectivas. Do Processo (Avaliação Formativa): a partir da observação do envolvimento nas atividades, registros e contribuições nas discussões e; Do Produto (Modelo final): Qualidade do protótipo e a coerência da apresentação.

REFERENCIAL TEÓRICO

O Ensino de Ciências, especialmente da Biologia, tem enfrentado desafios significativos relacionados à motivação dos estudantes e à promoção de uma aprendizagem verdadeiramente significativa (MOREIRA, 2013). Historicamente, as aulas de Biologia têm se pautado por metodologias expositivas, nas quais o professor atua como transmissor do conhecimento, enquanto os alunos assumem um papel passivo, limitando-se à memorização de conceitos para fins avaliativos (CRESCENZI; ALMEIDA, 2011). Essa abordagem tradicional tem se mostrado insuficiente para despertar o interesse dos estudantes e para favorecer a compreensão profunda dos fenômenos biológicos.

Nesse sentido, a abordagem investigativa surge como uma metodologia capaz de facilitar a compreensão de conceitos abstratos por meio da resolução de problemas, além de estimular a curiosidade científica e o engajamento dos estudantes em um ensino mais dinâmico e interativo, promovendo a alfabetização científica desde a escola (Trivelato; Tonidandel, 2015; Santana; Mota, 2022).

O Ensino por Investigação propõe que os alunos vivenciem processos semelhantes aos da ciência, como a formulação de hipóteses, a coleta de dados, a análise e a interpretação de resultados. Essa abordagem coloca o estudante no centro do processo de aprendizagem,

promovendo conhecimento construído de forma significativa. Santana e Mota (2022), destacam que esse tipo de ensino é organizado em torno de questões ou problemas que despertam curiosidade, favorecem a interdisciplinaridade e estabelecem conexões entre conceitos científicos e contextos do cotidiano.

Uma das principais potencialidades do Ensino por Investigação é o desenvolvimento do pensamento crítico, essencial para a vida acadêmica e profissional. Ao questionar, analisar e refletir sobre fenômenos científicos, os alunos desenvolvem habilidades cognitivas e ampliam seu engajamento e motivação no processo de aprendizagem (Trivelato; Tonidandel, 2015; Santana; Mota, 2022). Além disso, essa abordagem contribui para a alfabetização científica, preparando os estudantes para compreender e discutir questões científicas e tecnológicas de maneira crítica e consciente.

A curiosidade científica dos alunos é apontada como elemento central para o engajamento e a aprendizagem significativa. Segundo Da Silva, Ferreira e Silva (2018), a curiosidade é uma motivação intrínseca que leva o estudante a questionar, explorar e buscar respostas sobre o mundo natural, sendo um ponto de partida relevante tanto para a alfabetização quanto para o letramento científico. O letramento científico, conforme Da Silva e Fusinato (2022), vai além do domínio conceitual, envolvendo a capacidade de aplicar o conhecimento em contextos reais, conectar conceitos científicos à experiência cotidiana e participar de discussões críticas sobre temas relevantes.

Nesse contexto, a Sequência de Ensino Investigativa (SEI) se apresenta como uma estratégia didática alinhada aos princípios do Ensino por Investigação. Assim, Carvalho (2013) descreve a SEI como um conjunto de etapas que envolvem os alunos em atividades simulando o processo de produção do conhecimento científico, desde a problematização até a comunicação dos resultados. As etapas da SEI incluem: (a) problematização; (b) sistematização do conhecimento; (c) contextualização e; (d) comunicação dos resultados. Essa metodologia promove a aprendizagem ativa, estimula a curiosidade científica e contribui para a alfabetização científica, impactando positivamente a qualidade das aprendizagens nas aulas de Biologia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do estudo evidenciam que a aplicação da SEI possibilitou o envolvimento ativo dos estudantes e a apropriação significativa de conceitos científicos relacionados ao reuso de águas cinza e à sustentabilidade.

Na primeira etapa (Problematização), a exibição do vídeo e a roda de conversa promoveram um levantamento diagnóstico sobre o conhecimento prévio dos alunos. Apesar da insegurança inicial em tratar o tema, a discussão despertou curiosidade e engajamento. Como mostra a Figura 1, a maioria dos estudantes apresentava noções gerais sobre o tema, mas desconhecia seus fundamentos científicos. A metodologia investigativa favoreceu a expressão de ideias e hipóteses, estimulando a autonomia intelectual e a argumentação científica.

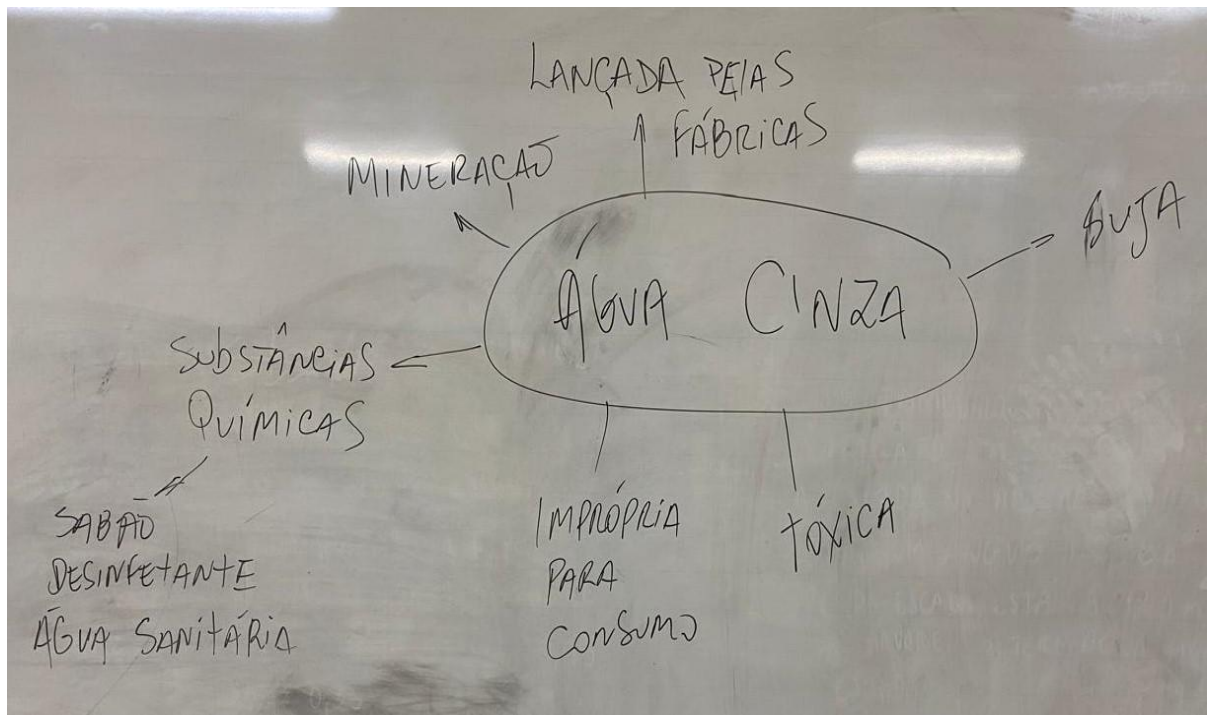


Figura 1 – Conhecimentos prévios dos estudantes sobre o tema “Águas Cinza”

Na segunda etapa (Sistematização do conhecimento), a utilização da Calculadora de Consumo de Água do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) favoreceu a reflexão sobre hábitos cotidianos e a conscientização ambiental. Os grupos compararam suas estimativas com os resultados obtidos na ferramenta digital e discutiram alternativas para reduzir o desperdício. Esse momento foi essencial para o desenvolvimento de competências argumentativas, permitindo que os estudantes correlacionassem suas práticas domésticas com questões globais de gestão hídrica. Além disso, durante essa etapa, os alunos desenvolveram reflexões éticas sobre o uso da água, discutindo tanto a responsabilidade individual quanto a coletiva na preservação desse recurso e os impactos das ações humanas sobre a sustentabilidade. Essa reflexão surgiu principalmente a partir da análise do consumo diário de água, levando-os a perceber que hábitos como banhos prolongados, lavagem ineficiente de roupas e utensílios, ou deixar torneiras abertas contribuem diretamente para o desperdício hídrico.

Na terceira etapa (Contextualização), o desafio de construir filtros simples de reuso de águas cinza motivou os alunos a planejarem, testarem e compararem diferentes soluções técnicas. Durante o processo, surgiram questionamentos sobre eficiência dos filtros, variação da vazão e coloração da água filtrada, o que promoveu discussões sobre variáveis experimentais e observação científica (Figura 2).

Essa prática contribuiu para a compreensão dos princípios físicos e químicos envolvidos na filtração, como a filtração e separação de misturas, propriedades físicas da água, adsorção e retenção de substâncias, além de conceitos de vazão e pressão. Os estudantes também desenvolveram habilidades investigativas ao controlar variáveis experimentais, comparar resultados e refletir sobre parâmetros de qualidade da água, como turbidez e odor, compreendendo ainda a importância do reaproveitamento de água como prática sustentável.



Figura 2 – Teste dos filtros de águas cinza construídos pelos estudantes

Por fim, na quarta etapa (Comunicação dos resultados), os grupos apresentaram seus protótipos e refletiram sobre a possibilidade de reduzir o desperdício de água e a relevância de reaproveitar recursos domésticos de forma sustentável.

A maioria relatou surpresa com os resultados e destacou a relevância da experiência prática para consolidar suas aprendizagens. Vale ressaltar, algumas falas dos estudantes que

ilustram isso: “Aprendi a fazer um filtro caseiro e a relevância da água cinza para a sustentabilidade” (Aluno 1); “Saber que água que nós utilizamos pode ser reutilizada e diminuir com isso o desperdício” (Aluno 2) e; “Montar o filtro foi uma experiência muito boa, onde conseguimos dividir nossas ideias” (Aluno 3). A partir dessas reflexões, foi possível observar o desenvolvimento de valores socioambientais, como a consciência sobre o uso responsável da água não só em situações de escassez, mas de abundância também, além do respeito pelos recursos naturais e a valorização da cooperação e do trabalho coletivo na busca por soluções sustentáveis.

Assim, as discussões evidenciaram uma mudança de percepção: os estudantes passaram a compreender que nem todo esgoto doméstico é inutilizável e que as águas cinza podem ser reaproveitadas após tratamento adequado. Esse entendimento reforça a importância da educação científica para a sustentabilidade e cidadania ambiental.

De modo geral, os resultados confirmam que o ensino de Biologia mediado por Sequências de Ensino Investigativas pode promover uma aprendizagem mais ativa, significativa e crítica, aproximando os conteúdos científicos das realidades vividas pelos alunos. A SEI mostrou-se uma estratégia eficiente para articular teoria e prática, fomentar a reflexão ética sobre o uso da água e estimular a formação de valores socioambientais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação da SEI sobre águas cinza proporcionou uma experiência significativa para os estudantes, consolidando aprendizagens em diferentes etapas. Inicialmente, apesar da insegurança causada pela novidade do tema, foi possível observar uma interação positiva e um crescente interesse dos alunos. O levantamento dos conhecimentos prévios revelou concepções iniciais sobre o reuso da água, como a ideia de que qualquer filtro simples teria o mesmo desempenho. A abordagem investigativa, por sua vez, possibilitou que os alunos testassem diferentes materiais, registrassem suas observações e ajustassem suas hipóteses, favorecendo uma compreensão mais aprofundada e científica dos processos de filtragem e reuso das águas cinza. Nas etapas seguintes, a testagem de hipóteses durante a execução de atividades práticas como a simulação com a "calculadora de água" e a elaboração de filtros de reuso, destacaram-se como momentos de grande envolvimento da turma. As atividades práticas favoreceram diálogos, questionamentos e reflexões sobre hábitos cotidianos e sua relação com o consumo de água. Adicionalmente, durante os testes experimentais, os alunos formularam hipóteses como a influência da quantidade de carvão ativado na claridade da água, o efeito de camadas

mais compactadas na eficiência da filtragem e a possibilidade de que a combinação de diferentes materiais melhorasse a remoção de impurezas. As discussões e questionamentos levantados ao longo do processo de testagem evidenciaram a capacidade dos estudantes de relacionar variáveis físicas e químicas à performance do filtro, demonstrando a consistência de suas hipóteses.

Por fim, a socialização das experiências e a reflexão coletiva evidenciaram a importância do aprendizado prático como forma de tornar os conteúdos mais significativos. A troca de ideias entre os grupos promoveu uma compreensão mais ampla sobre o tema, fortalecendo a consciência ambiental e apontando para a aplicação dos conceitos científicos na realidade da escola e da comunidade de seu entorno. Sugere-se, para futuras atividades, o professor deve incentivar um registro mais detalhado das etapas de todos os grupos e ampliar o uso de recursos visuais para complementar o aprendizado, como criar fichas ou planilhas padronizadas para cada grupo, com orientações específicas para anotações e medições, ajudando os alunos a documentar suas hipóteses, processos e resultados de maneira mais sistemática. Essa prática também poderia ser usada para discutir os métodos científicos e promover análises mais precisas ao final das atividades.

REFERÊNCIAS

- BERNARDI, C. C. Reuso de água para irrigação. 2003. 63 f. Monografia (Especialização em Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada) – ISEA-FGV/ECOBUSINESS SCHOOL, Brasília, 2003.
- BOGDAN, R. C. e BIKLEN, S. K. (1991). Investigação qualitativa em educação. Porto: Porto Editora.
- CARVALHO, A. M. P. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (org.) Ensino de Ciências por investigação: Condições para implementação em sala de aula. Editora: Cengage Learning, 2013.
- CHANAKYA, H. N.; KHUNTIA, H. K. Treatment of gray water using anaerobic biofilms created on synthetic and natural fibers. Process Safety and Environmental Protection, Oxford, v 92, n. 2, p. 186 - 192, 2014.
- CRESCENZI, M.; ALMEIDA, M. E. Metodologias ativas no ensino de Biologia: da teoria à prática. Revista Brasileira de Ensino de Ciências, v. 9, n. 2, p. 45–60, 2011.
- FEITOSA, A. P.; LOPES, H. S. S.; BATISTA, R. O.; COSTA, M. S.; MOURA, F. N. Avaliação do desempenho de sistema para tratamento e aproveitamento de água cinza em áreas rurais do semiárido brasileiro. Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 3, p. 196-206, 2011.



HESPANHOL, I. Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. *Estud. av.*, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 131-158, 2008.

MEDEIROS, S. de S.; GHEYI, H. S. R.; SOARES, F. A. L. Cultivo de flores com o uso de água residuária e suplementação mineral. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 30, n. 6, Dec. 2010.

MOREIRA, M. A. *Ensino de Ciências: perspectivas e desafios*. São Paulo: Cortez, 2013.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. O ensino de ciências por investigação: condições para sua implementação em sala de aula. *Ciência & Educação*, v. 17, n. 3, p. 573–592, 2011.