

UMA ABORDAGEM EXPERIMENTAL PROBLEMATIZADORA NO ENSINO ESCOLAR DE QUÍMICA: O TRATAMENTO DE EFLUENTES TÊXTEIS DE LAVANDERIAS DE JEANS

MARIANA LEÔNCIO BERTINO CABRAL

Mestranda em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Estadual da Paraíba - PB, marianaleonciol@gmail.com;

CRISTIANO DE ALMEIDA CARDOSO MARCELINO JÚNIOR

Professor orientador: Doutor, Universidade Federal Rural de Pernambuco - PE, cristianomarcelinojr@gmail.com.

RESUMO

Diferentes atores da Educação Química defendem que os processos escolares de ensino-aprendizagem de Química sejam norteados pela contextualização e pela problematização dos conhecimentos. Também tem sido recomendado que as propostas contemplem as realidades socioeconômicas e ambientais dos contextos nos quais os estudantes estão inseridos. Com esse propósito, tem-se desenvolvido algumas atividades em uma escola da região do Polo Têxtil do Agreste pernambucano. Essa pesquisa tem como objetivo principal desenvolver uma atividade de experimental investigativa dentro de uma Sequência Didática (SD) sobre efluentes das lavanderias de jeans. A SD foi aplicada junto a uma turma do 3º ano do ensino médio de uma escola estadual de Santa Cruz do Capibaribe (PE). A SD constou de três momentos didáticos, totalizando cinco aulas. Ela envolveu: i) a criação de um contexto problemático, desenvolvido com base em informações e em discussões suscitadas na exibição de um vídeo sobre a fabricação de jeans no Polo Têxtil; ii) um experimento, baseado na técnica de eletrofloculação, sobre o tratamento de uma solução de índigo, simulando um efluente de lavanderia; e iii) discussões em torno dos dados de um questionário respondido pelos estudantes. A atividade experimental investigativa estimulou na apropriação de conhecimentos científicos e suas relações com aspectos socioeconômicos e ambientais, em torno da temática água. De modo mais específico, verificou-se que a proposta auxiliou os estudantes a refletirem e proporem soluções para minimizar os impactos em torno de corantes presentes em efluentes têxteis lançados nos corpos d'água dos municípios da região.

Palavras-chave: Experimentação problematizadora, Corantes têxteis, Eletrofloculação.

INTRODUÇÃO

Há diferentes recomendações no sentido de tornar o processo de ensino-aprendizagem mais eficaz e mais significativo para os estudantes. Entre tais propostas, diferentes autores, como Freire (2005; 2006), destacam a necessidade de se respeitar e considerar os conhecimentos prévios dos estudantes, conhecimentos trazidos para a escola e que são resultantes de suas experiências de vida, em especial nos contextos histórico-culturais nos quais estão inseridos. No ensino de Ciências, em particular, tal destaque continua sendo enfatizado no sentido que esses conhecimentos devem ser respeitados e valorizados pelo professor (CAAMANO, 2018).

A efetivação desse tipo de posicionamento no ambiente de ensino-aprendizagem exige a configuração de diferentes papéis. Ao professor, requisita-se a adoção de um conjunto de ações no sentido de estimular e mediar as discussões entre os estudantes, ao invés de apenas fornecer informações e esperar respostas prontas para os seus questionamentos (FREIRE, 2006). Almeja-se também que os conhecimentos prévios colaborem para que os estudantes assumam posições mais ativas, que sejam mais protagonistas, apontando explicações e soluções para os problemas com os quais sejam confrontados, desenvolvendo hipóteses, reflexões e ações (CAAMANO, 2018; SANTOS; MENEZES, 2020). Tal aspecto possibilita que abordagens contextualizadas se configurem em momentos ricos, tanto para as percepções dos estudantes sobre a necessidade de aquisição de novos conhecimentos para se tornarem mais capazes de interpretar e de resolver as situações problema, quanto para as inferências do professor, para auxiliá-los nessa direção.

Pode-se utilizar diferentes recursos e estratégias para o levantamento e a inclusão dos conhecimentos dos estudantes, tais como: anotações, questionários, debates e vídeos relacionados ao tema (PEREIRA *et al.*, 2017). No ensino de Química, o uso de atividades experimentais se destaca como uma abordagem muito importante, dado o caráter empírico inerente a essa ciência e por estimularem maior envolvimento dos estudantes, com reflexos diretos nos seus interesses e nas suas aprendizagens (GONÇALVES; GOI, 2021).

Martins *et al.* (2019) destacam um papel positivo das atividades experimentais no ensino de Química e destacam as modalidades que elas

assumem. Uma delas é a experimentação investigativa problematizadora, modalidade seguida nesta pesquisa.

A experimentação investigativa significativa envolve a problematização e a contextualização. Busca-se tal envolvimento, mas, sem deixar de lado o conhecimento científico que se almeja desenvolver junto às pessoas envolvidas no processo educativo, pois, “[...] pretende-se estimular o aprendizado por meio da aproximação dos conteúdos da disciplina com a vivência dos educandos” (MARTINS *et al.*, 2019, p. 151).

Essa modalidade de experimentação pode partir de situações do cotidiano, incluindo as realidades socioeconômica e ambiental, nas quais os estudantes estão inseridos, e se constituir em um importante fator para suas motivações (PEREIRA *et al.*, 2017). A inserção de situações reais da comunidade para a sala de aula pode deixar muitos estudantes curiosos e entusiasmados para comunicarem um pouco de suas experiências vivenciadas. Adicionalmente, possibilita ao professor um maior conhecimento a respeito do que eles já conhecem sobre os conteúdos, bem como a socialização de saberes. Segundo Francisco Jr. *et al.* (2008), a experimentação investigativa abre oportunidades para discussões, reflexões, ponderações e explicações, de forma que os estudantes aprendam não só conceitos científicos, mas que saibam se expressar e refletir criticamente sobre tais conhecimentos, seja ampliando ou adquirindo novos saberes. Segundo esses autores destacam: essas experiências são bem mais sistematizadas e, ao mesmo tempo em que um corpo de conhecimento é empregado para analisar e interpretar as situações propostas inicialmente, ele pode ser utilizado em outras situações que possam surgir e que também precisem ser explicadas e compreendidas (PEREIRA *et al.*, 2017).

A experimentação investigativa problematizadora no ensino de Química pode ampliar a compreensão dos estudantes sobre seu cotidiano e o ambiente em que vivem. Seguindo esse direcionamento, realizou-se uma abordagem em uma escola de ensino médio do município de Santa Cruz do Capibaribe, localizada no Polo Têxtil de Pernambuco, situado no Agreste Setentrional do Estado, na qual a autora é professora de Química. A abordagem ocorreu dentro de uma sequência didática com ênfase temática “lavanderias de jeans”.

O Agreste Setentrional pernambucano é uma região historicamente marcada por problemas de escassez de água, que são agravados por algumas das suas características naturais, principalmente, a vegetação da caatinga e o solo pedregoso (OLIVEIRA, 2012). Entre as escassas fontes aquáticas da

região têm-se o Rio Capibaribe, que corta perímetros urbanos densamente povoados, em cidades como Caruaru, Toritama e Santa Cruz do Capibaribe, principais representantes do Polo Têxtil. O Rio Capibaribe recebe descargas provenientes de atividades distintas, como os descartes de efluentes do consumo humano e da agricultura. Porém, as lavanderias geram grandes impactos ambientais pelo descarte de seus rejeitos.

Os efluentes das indústrias têxteis estão entre os maiores poluidores de fontes aquáticas da região, por causa do grande volume e da diversidade na composição química da água descartada (OLIVEIRA, 2012). Mais preocupante ainda, é que parte dos rejeitos das lavanderias são lançados de forma clandestina para os corpos hídricos sem qualquer tratamento, por falta de fiscalização e por causa da infraestrutura inadequada do sistema de coleta e de tratamento ofertado pela companhia de abastecimento estadual (COMETTI *et al.*, 2016).

Os problemas ambientais da região são os causados pelas indústrias têxteis locais. Entre as principais atividades econômicas da região, encontra-se o beneficiamento de jeans. Essa atividade aloca mais de 3 (três) mil empresas de confecções desses produtos e mais de 50 (cinquenta) lavanderias industriais, de onde saem aproximadamente 15% (quinze por cento) de todo jeans produzido no Brasil. (SEBRAE, 2019). Na pesquisa aqui relatada, direcionou-se a abordagem às atividades das lavanderias industriais conhecidas popularmente como “lavanderia de jeans”. Nessas empresas são realizados os processos de lavagem, amaciagem, tingimento e descoloração do jeans (COMETTI *et al.*, 2016).

O índigo blue, um composto azul, insolúvel em água e conhecido desde longa data, é usado no tingimento de fios de algodão empregados na manufatura do tecido conhecido como jeans. Uma característica química deste composto é a presença do grupo cetona ($C = O$), que quando se altera para uma forma reduzida de grupo hidroxila ($C - OH$), torna-se solúvel. Com isso, o corante passa a ter afinidade química pela fibra celulósica.

Os corantes utilizados para tingimento se constituem como um dos principais poluentes descartados pelas lavanderias. O percentual de corante que não se fixa durante o processo de tingimento é a grande preocupação referente aos efluentes têxteis. Estima-se que cerca de 20% a 50% desses produtos seja perdido devido à não fixação durante a etapa de tintura (ZANONI e YAMANAKA, 2016). Ainda que esteja presente em baixas concentrações no efluente, este tipo de resíduo resulta em acentuada mudança de

coloração na água, provocando problemas bioquímicos e estéticos a rios e lagos. Essa preocupação acontece com o índigo.

Os estudantes das escolas do Polo Têxtil pernambucano possuem forte relação com a indústria de jeans. Muitos trabalham e/ou convivem com parentes e conhecidos que trabalham em fábricas, lojas e/ou lavanderias. Sendo assim, essa é uma temática presente nos seus contextos e que se vincula a uma problemática significativa.

Um conjunto de objetivos foi proposto para auxiliar os estudantes na reflexão sobre esse tipo de atividade econômica e quanto aos problemas ambientais causados pelas ações de sua comunidade, com intenções de despertar atitudes e valores em busca de soluções que os minimizassem. A pesquisa aqui relatada traz parte desses resultados e teve o objetivo principal de desenvolver uma atividade de experimentação investigativa dentro de uma Sequência Didática sobre corantes poluentes das lavanderias de jeans. Ela foi utilizada dentro de uma proposta para auxiliar os estudantes a proporem soluções para minimizar os impactos em torno de corantes presentes em resíduos em efluentes têxteis de lançados nos corpos d'água dos municípios do Polo Têxtil do Agraste de Pernambuco. Essa atividade envolveu um experimento de separação de misturas de materiais orgânicos, contendo o corante índigo, em meio aquoso, utilizando a técnica de eletrofloculação.

A eletrofloculação é um processo eletroquímico largamente utilizado na indústria galvânica. Ela é muito indicada para o tratamento de efluentes têxteis, por ser uma técnica: barata; de fácil execução, tanto em pequena quanto em larga escala; e que apresenta grande eficiência na remoção de corantes em meio aquoso (AQUINO NETO, 2011; BORBA, 2010). Paschoal e Tremiliosi Filho (2005) consideram a eletrofloculação uma técnica promissora no processo de tratamento e de reuso de água de efluentes têxteis, por possibilitar de forma rápida a oxidação parcial do poluente, por via eletrolítica, resultando na flotação ou precipitação da matéria orgânica.

O funcionamento da eletrofloculação depende basicamente de processos químicos em meio aquoso, especificamente da condutividade elétrica. Inerentemente, outras características, tais como variação do pH do meio, tamanho das partículas floculadas e concentrações dos constituintes influenciam também o processo de eletrofloculação (CERQUEIRA, 2006). Por consequência, a seleção apropriada dos eletrodos e de outros materiais é muito importante. Por serem eficazes, facilmente disponíveis e apresentarem baixo custo, os eletrodos mais comuns são o alumínio e o ferro. Ambos

são comumente utilizados em estudos eletroquímicos como efetuado nesta pesquisa, que será detalhada em continuidade.

METODOLOGIA

A pesquisa desenvolvida consistiu em um estudo analítico descritivo e exploratório, de caráter predominantemente qualitativo. Para Gil (2008), a pesquisa qualitativa pode abordar vários caminhos a serem adotados pelo investigador e “[...] não há fórmulas ou receitas predefinidas para orientar os pesquisadores” (GIL, 2008, p.175). Ainda para o autor, o elemento principal nesse tipo de pesquisa é o próprio ser humano, para o qual não há limites para expandir as suas criatividade. Com isso, é notório o quanto o pesquisador pode explorar as situações com o intuito de aprimorar os conhecimentos científicos e promover a socialização de saberes.

A pesquisa foi realizada no segundo bimestre do ano letivo de 2021, junto a uma turma do 3º ano do Ensino Médio de uma escola estadual do município de Santa Cruz do Capibaribe, Pernambuco. Participaram do projeto 16 (dezesesseis) estudantes, na faixa etária entre 15 (quinze) e 17 (dezessete) anos. O trabalho foi estruturado e desenvolvido dentro de uma Sequência Didática, constituída por 3 (três) momentos didáticos, totalizando 5 (cinco) aulas, com 50 (cinquenta) minutos cada, segundo detalhado a seguir.

1º momento (duas aulas): Apresentação da Região e problematização.

Para um melhor conhecimento da Região do Agreste, foi apresentado um vídeo do *YouTube* (disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=8BsHrmH0_vl e <https://www.youtube.com/watch?v=WVeie6Uba5M>, acesso em: 1/5/2021) para os estudantes. O vídeo apresenta as atividades socioeconômicas locais, mais especificamente os processos de beneficiamento e tingimento de jeans, que são bastante comuns nas lavanderias de tecidos locais. Foi solicitado aos estudantes que fizessem anotações dos possíveis problemas ambientais que poderiam ser causados ao final do processo das lavanderias, no que se refere ao descarte dos efluentes. Ao final, foi solicitado eles assistissem o vídeo novamente em casa e fizessem novas anotações e novos comentários.

2º momento (duas aulas): Demonstração da técnica de eletrofloculação, aula experimental.

Considerando que esta é uma técnica simples e de fácil reprodução por estudantes do ensino médio, foi escolhido um estudante para fazer a demonstração do experimento para a turma. Antes da realização do experimento, a professora fez a apresentação da técnica de eletrofloculação, citando artigos científicos que tratam do assunto. A professora discorreu sobre o porquê que a técnica é considerada uma boa alternativa para o tratamento de água poluída por corantes têxteis, bem como, que esta pode ser uma etapa eficiente para o reuso de águas, ou mesmo para o descarte menos prejudicial de efluentes na natureza. Foi solicitado que todos os estudantes anotassem suas observações.

Materiais e equipamentos utilizados na técnica de eletrofloculação

- 1 carregador de notebook.
- 2 jacarés.
- 1 Becker de 100 mL.
- 2 Bastões de alumínio
- Hidróxido de sódio (Soda cáustica).
- Sulfato de alumínio.
- Corante índigo em pó (usado para tingir roupas)
- Papel de filtro e funil de vidro.
- Água destilada.
- Uma garrafa PET de 1L.
- Colher de chá.
- Papel indicador de pH, universal.
- 1 bastão de vidro.

Procedimentos

Preparação da solução efluente

1. Adiciona-se meia colher de chá de corante índigo em pó na garrafa PET de 1L, contendo cerca de 300mL de água; agita-se até a dissolução do corante (cerca de um minuto) e completa-se o volume da garrafa com água, deixando um espaço vazio para posterior agitação.

Montagem do Sistema

1. Em um béquer de 100 mL, adicione 50 mL da solução corante e meia colher de chá de hidróxido de sódio (Usar luvas). Dissolva o NaOH com o auxílio do bastão de vidro e complete o volume do béquer com a solução do corante de forma que os bastões metálicos fiquem bastante imersos e distantes um do outro na solução, conforme a **Fig. 1**.
2. Conecte os jacarés aos bastões e em seguida plugue o carregador na tomada; observe e anote o que acontece com a mistura no decorrer do tempo.
3. Após a floculação do corante, quando a mistura apresenta regiões incolor no interior do béquer, faça a filtração.
4. Anote a coloração do líquido após a filtração e faça a leitura do pH. No final, ajuste o PH com sulfato de alumínio. Deixe em repouso por 15 min. e, se necessário, faça uma segunda filtração.

Fig. 1 - Esquema experimental da técnica de eletrofloculação.



Fonte: autoria própria, 2021.

3º momento: Aplicação do questionário e debate sobre a problemática da água em Santa Cruz do Capibaribe

No terceiro momento houve a aplicação de um questionário e a realização de um debate sobre alguns pontos elencados no questionário. O questionário continha questões com respostas fechadas, para as quais os estudantes também podiam se expressar abertamente.

Esse momento também foi utilizado para a socialização das observações que cada estudante anotou nas atividades desenvolvidas. Ele incentivou a troca de ideias e o diálogo entre os estudantes e entre estudantes e professora, além de permitir novas reflexões sobre o conjunto de elementos que configuram a problemática em questão.

Além da aplicação de um questionário semiestruturado, para o registro dos dados, foram feitas anotações e registros fotográficos. Por questões de ética, foi solicitado aos pais e responsáveis dos estudantes a assinatura de um termo de consentimento de realização de pesquisa e de publicação de imagens. Os questionários não tiveram autoria identificada e foram utilizados códigos análise. O tratamento e a interpretação de dados foram realizados a partir de análise conjunta do universo investigado, priorizando-se uma abordagem quantitativa-qualitativa, na qual os valores obtidos são utilizados para reforçar as inferências qualitativas, conforme realizado em outras pesquisas educacionais (MARTINS e RAMOS, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos na pesquisa estão apresentados em dois tópicos, dentro dos quais são realizadas as discussões pertinentes, conforme apresentado em continuidade.

Explicação sobre a Região e configuração de contexto problemático

O vídeo utilizado atuou como um instrumento que auxiliou no fornecimento de informações e estimulou a participação dos estudantes. Conforme apresentado na **Fig. 2**, o conteúdo das cenas contribuiu para manter atenção, mas também para despertar o interesse do grupo.

Fig. 2 – Estudantes assistindo o vídeo.



Fonte: autoria própria, 2021.

A professora estimulou o diálogo e a troca de ideias, de modo que os estudantes observassem e refletissem sobre aspectos relacionados às características ecológicas e às atividades socioeconômicas da região, especialmente sobre os processos de beneficiamento e tingimento de jeans, atividades bastante comuns em lavanderias de tecidos da região. As informações do vídeo também contemplaram questões sobre problemas ambientais constatados das atividades das lavanderias.

Os estudantes se sentiram estimulados e, em suas proposições junto com a professora, apontaram para um contexto problemático, contendo as seguintes características:

- o Agreste Setentrional pernambucano é uma região historicamente marcada por problemas de escassez d'água;
- os problemas hídricos são agravados por algumas das suas características naturais;
- o Rio Capibaribe, que corta o perímetro urbano em que os estudantes residem, é de importância fisiográfica para o Estado de Pernambuco e decisivo para os principais municípios do Polo Têxtil: Caruaru, Toritama e Santa Cruz do Capibaribe;
- o beneficiamento de jeans é uma das principais atividades econômicas da região;

- o trecho do Rio Capibaribe localizado no Polo Têxtil recebe grandes impactos ambientais pelo descarte de seus rejeitos provenientes das lavanderias, principalmente das lavanderias de jeans;
- o azul índigo, um dos corantes utilizados para tingimento de jeans, é um dos principais poluentes descartados pelas lavanderias.

Em concordância ao preconizado por Freire (2006), a inclusão de aspectos do cotidiano dos sujeitos participantes, auxiliou-os a refletirem melhor sobre seus ambientes locais e na criação de um contexto problemático sobre o qual demonstraram interesse em propor alternativas para a sua melhoria. As características apontadas pelos estudantes foram retomadas no início do segundo momento, que foi destinado ao experimento de eletrofloculação.

Demonstração da eletrofloculação na aula experimental

Um estudante voluntário realizou o experimento, de modo demonstrativo (Fig. 3).

Fig. 3 - Aluno realizando o experimento de eletrofloculação.



Fonte: autoria própria, 2021.

Em conformidade ao que é destacado na literatura (AQUINO NETO, 2011; BORBA, 2010), reforçou-se junto aos estudantes que a eletrofloculação é muito indicada para o tratamento de efluentes têxteis, por ser uma técnica: barata; de fácil execução, tanto em pequena quanto em larga escala; e que apresenta grande eficiência na remoção de corantes em meio aquoso. A demonstração e o estímulo ao diálogo, tanto por parte do estudante-voluntário quanto da professora-pesquisadora, contribuiu para que a atividade transcorresse com o estímulo a questionamentos. Os estudantes

eram constantemente estimulados a interagirem por meio da elaboração de hipóteses e de questionamentos associados ao funcionamento da técnica e da sua importância para o tratamento de águas residuárias de tinturarias de jeans. Nesse momento, foram retomados alguns conceitos químicos já estudados (misturas, processos de separação, polaridade, solubilidade e soluções) e introduzidos outros conceitos (eletroquímicos e de reações de oxidação). No entanto, a discussão não se restringiu apenas a aspectos químico-científicos. Mais uma vez, foram retomados os problemas levantados pelos estudantes com base no momento de exibição do vídeo. No entanto, essa discussão foi mais sistematizada no terceiro momento.

Outras discussões sobre a problemática da água em Santa Cruz do Capibaribe

Os resultados obtidos com as respostas à primeira questão do questionário aplicado junto aos estudantes (quadro 1) revelam suas preocupações com os problemas de escassez de água em sua cidade. Eles consideram importante que professores e a escola, como um todo, promovam discussões sobre questões relacionadas ao consumo de água na região.

Quadro 1: Questão 1: Aspectos referentes à importância da abordagem escolar sobre problemas relacionados à água

PERGUNTA	ALTERNATIVAS			
	FECHADAS			ABERTA
1. Você considera importante ser abordado na escola o tema água? Pode marcar mais de uma alternativa.	a) Não, esse tema já é muito batido na televisão e em outros meios de comunicação	b) Acho importante porque a gente tem a oportunidade de dialogar com professores sobre isso.	c) Sim, pois em nossa cidade temos sérios problemas com água, daí nunca é muito se discutir esse tema.	Outras opiniões
Opções assinaladas pelos estudantes (%)	0	44	52	4

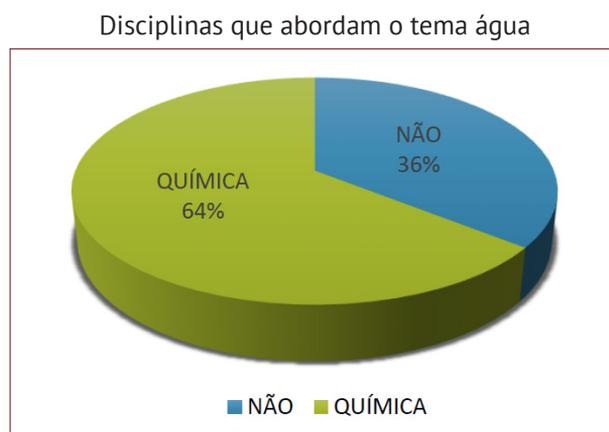
Fonte: elaborado pela autoria própria, 2021.

A importância da temática água, particularmente da poluição da água, é planetária. No entanto, nem sempre há essa ênfase. O interesse dos estudantes pelo assunto e suas preocupações em abordá-lo no ambiente escolar

é um estímulo para o desenvolvimento de ações nessa direção, inclusive quanto à possibilidade de atividades interdisciplinares na escola.

Os resultados obtidos na questão seguinte ratificam esse potencial, ao se perguntar se: “Você já fez trabalhos ou estudos como este sobre consumo consciente e reuso de água em alguma disciplina esse ano ou em outros?” (Fig. 4).

Fig. 4 - Questão 2: Você já fez trabalhos ou estudos sobre consumo consciente e reuso de água em alguma disciplina esse ano ou em outros?



Fonte: própria, 2021.

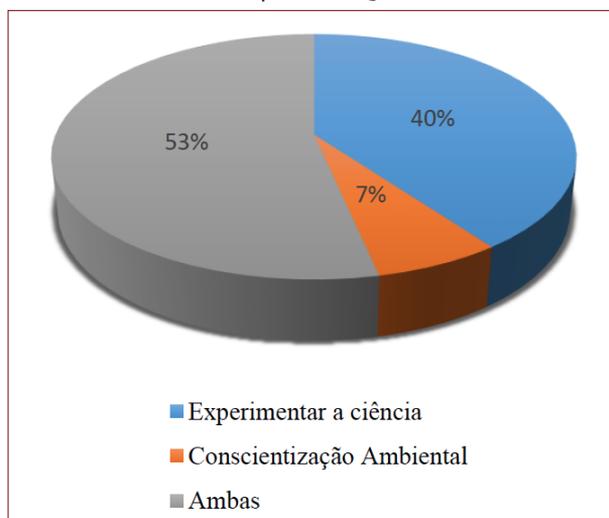
A disciplina de química tem trazido essa pauta para discussões em aulas. No entanto, tal tendência não vem sendo seguida na maior parte das demais disciplinas da escola. Junto com os dados colhidos na primeira questão, que reforçam os interesses dos estudantes por esse problema comunitário local, tais resultados podem auxiliar no planejamento didático escolar e possibilitar a adoção de novas estratégias didáticas junto a mais professores interessados pelo tema.

A relevância e a possibilidade de intervenções interdisciplinares são elementos que também permitem evidenciar o potencial da abordagem experimental no tratamento desse tema. Ratificando as recomendações da Área de Educação Química (SANTOS; MENEZES, 2020), a atividade químico-experimental desenvolvida nesta pesquisa, despertou curiosidade e interesse dos estudantes. Entretanto, também corroborando com as observações de outros autores, como Caamano (2018), o experimento de eletrofloculação desenvolvido permitiu verificar que essas atividades não precisam ser planejadas e realizadas dentro de um enfoque limitado a manipulações de

equipamentos, vidrarias e reagentes com o fim único de explorar conceitos químicos. A experimentação também pode se constituir em proposta pedagógica pautada na investigação contextualizada, conforme verificado nesta abordagem. As respostas dos estudantes à questão 3 colaboram para esse tipo de entendimento (Fig. 5).

Fig. 5 - Questão 3. Esse trabalho foi mais interessante para você por qual dos motivos?

Interesse dos estudantes em aprender Química e assuntos ambientais



Fonte: própria, 2021.

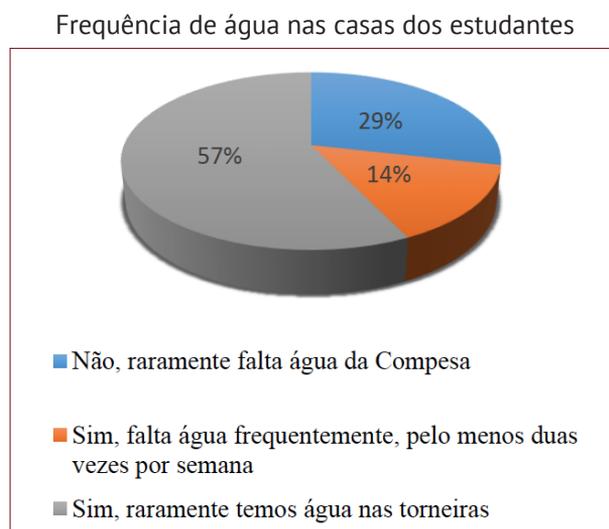
A inserção de aulas experimentais como estratégia para a ampliação dos conhecimentos sobre temáticas ambientais foi considerada de grande relevância pelos estudantes. Eles creditaram a importância da educação científica e da educação ambiental para as suas formações cidadãs. As suas respostas permitiram evidenciar uma interligação entre a experimentação em Química com a educação ambiental, especialmente quanto à conscientização sobre o uso da água. No entanto, apesar de a maioria dos participantes (53%) entenderem que educação científica e ambiental se relacionam e se completam, mais de 40% dos estudantes ainda não demonstraram esse tipo de associação.

Esses dados sugerem que as abordagens ambientais relacionadas à temática água precisam ser mais enfáticas quanto à interdisciplinaridade entre os conhecimentos relacionados aos problemas existentes. Ainda mais, que esses conhecimentos se complementam para a resolução dos problemas

existentes, como é o caso da contaminação dos efluentes têxteis resultantes do descarte de águas de lavanderias de jeans.

A importância da experimentação envolvendo a eletrofloculação foi apontada por 93% dos estudantes. Um dos fatores considerados positivos para esse resultado foi a vinculação entre os problemas gerados pela importante atividade econômica local e a escassez de água da região, incluindo a falta de água em suas residências. A **Fig. 6** traz uma síntese das suas respostas frente à questão sobre o fornecimento de água pela companhia de abastecimento água em suas casas, ou seja, nesse caso não poderiam ser contempladas outras formas de obtenção, como a compra de água de carros pipa nem de água mineral.

Fig. 6 - Questão 4: Sua casa tem problemas de falta d'água potável nas torneiras?



Fonte: elaborada pela autoria própria, 2021.

Os dados mostrados na **Fig. 6** são ressaltam a problemática da temática “água” para a região e destacam a importância do tratamento dos efluentes. Apesar de cerca de 30% informar que raramente há falta de água, a maioria dos estudantes não tem água potável em suas residências e, como se sabe, as pessoas precisam desse insumo para as suas sobrevivências. Esse é um grande problema de saúde pública e que traz muitos agravantes. Por exemplo, como nessa região é comum se recorrer a formas alternativas de obtenção de água, seja pela construção de poços artesianos ou pela compra

de cargas d'água de carros pipa. (SEBRAE, 2019), gera-se também uma nova situação preocupante e problemática associada à falta de controle qualidade dessas águas.

A situação vigente no contexto regional exige que a comunidade adote medidas mais enérgicas para o consumo consciente, para evitar desperdícios d'água. A **Fig. 7** traz resultados sobre atitudes tomadas nas residências dos estudantes para o consumo consciente da água, ou seja, pela adoção de práticas de reuso da água, bem como os cuidados que se deve ter em situações diversas, como ao tomar banho e escovar os dentes.

Fig. 7 - Questão 5: Em sua casa você reutiliza água (da lavagem de roupas ou de outros usos) para algum fim posterior?

Formas de reusos de águas nas residências dos estudantes



Fonte: própria, 2021.

Apenas 10% das residências não reutiliza a água e a lança diretamente no esgoto. Mas a maioria das famílias faz reuso. Por exemplo, os estudantes afirmaram que as águas provenientes da máquina de lavar roupas são destinadas a outros fins, como lavar calçadas ou para descarga no banheiro. Esse ponto foi interessante para as discussões tomadas em sala e puderam ser ponto de partida para abordagens tanto sobre as questões ambientais quanto econômicas. Entre os aspectos debatidos, pôde-se confrontar a contribuição desse tipo de atitude na renda familiar.

Uma análise comparativa dos dados coletados nas questões 4 e 5 permitiu verificar que as famílias que fazem reuso da água vivenciam maiores períodos de escassez de água em suas casas. Por outro lado, apenas um terço dos que possuem água com maiores frequências nas suas torneiras praticam essas atitudes. Nas discussões, os estudantes puderam avaliar o impacto que a reutilização de água pode gerar em sua comunidade, especialmente quando esse aspecto foi incluído na reflexão sobre os seus entendimentos quanto às atividades econômicas da região, processo auxiliado pelas respostas à questão 6 do questionário.

Proposta como uma questão aberta, essa questão permitiu levantar os conhecimentos dos estudantes sobre os problemas ambientais de sua região, incluindo os problemas provocados por atividades econômicas envolvendo corpos d'água, como rios ou açudes. Entre os seus apontamentos houve a ênfase ao descarte indevido de efluentes e resíduos sólidos por parte de indústrias locais para esgotos e destes para os rios e lagos da região, incluindo o rio Capibaribe, conforme transcrito nas falas a seguir.

As lavanderias desprezando as águas no rio e também a grande concentração de lixos nos rios (ALUNO A).

Sim, fabricação de jeans que saem das lavanderias (ALUNO B).

Poluição no rio Capibaribe com as lavanderias e açougues (ALUNO X).

Esgoto, poluição, causa mortes de animais (ALUNO Y).

Sim. Entulhos, esgotos e lixos (ALUNO Z).

De modo geral, a partir das informações do vídeo e dos comentários efetuados nos questionários, houve um debate junto com os estudantes quanto aos problemas de poluição das escassas fontes hídricas da região. Esse momento também serviu de oportunidade para abordar que, além das atividades industriais, outras formas de atividade humana, tanto comerciais como residenciais (relacionadas à higiene e limpeza) culminam em sérios problemas de poluição.

O papel do tratamento química sobre a problemática

As questões 6 e 7 (questões abertas) auxiliaram na compreensão sobre o papel da Sequência Didática para auxiliar na conscientização dos estudantes sobre o contexto problemático e sobre as possíveis aplicações da

técnica de eletrofloculação, demonstrada experimentalmente, para a minimização dos problemas causados pelas lavanderias locais, em macro escala. Algumas falas compiladas a seguir ilustram esses aspectos.

Sim, a água pode ser reaproveitada para lavagem de roupas novamente (ALUNO I).

Sim, para aproveitar a água usada e limpar o meio ambiente (rio) (ALUNO T).

Sim, a água não fica 100% limpa, porém é retirado boa parte de sua sujeira (ALUNO D).

Sim, pode ajudar muito na questão de poluir menos a água (ALUNO S).

Sim, para a reutilização (ALUNO G).

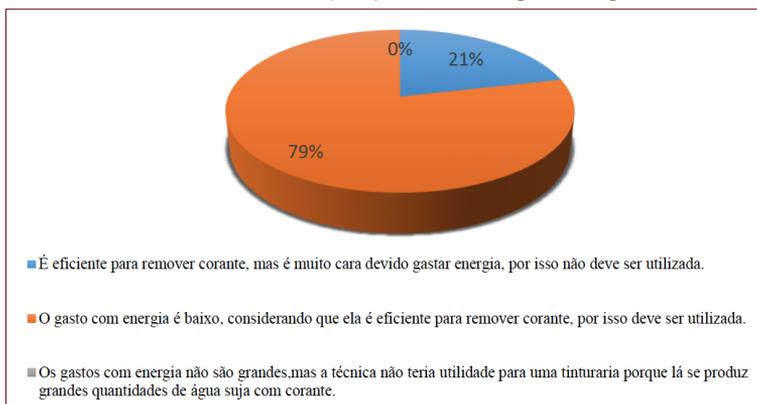
Não, porque só retira o corante da água (ALUNO B). Não, pois iria exigir muito tempo e esforço das pessoas (ALUNO Z).

A fala do aluno B revela uma situação interessante. Ele diz que não é possível aplicar essa técnica para a minimização dos problemas causados pelas lavanderias locais pelo fato de a eletrofloculação ser eficiente apenas na retirada do corante. Tal situação evidenciou uma situação importante que estimularam a intervenção da professora-pesquisadora e proporcionaram maior diálogo com os estudantes. O momento oportunizou uma abordagem onde foi possível esclarecer para os estudantes que o tratamento de água consiste em várias etapas. Desse modo, assim como qualquer outra técnica, a eletrofloculação por si só não dá conta de entregar uma água razoavelmente adequada, sequer para o descarte. O professor precisa ampliar a visão dos estudantes para a ideia de processo de tratamento. Essa ocasião serviu para retomada dos pontos discutidos no experimento realizado em sala, lembrando aos estudantes que a eletrofloculação foi seguida por etapas posteriores, como a filtração e a neutralização do meio.

A síntese dos posicionamentos dos estudantes sobre a viabilidade da técnica de eletrofloculação para tratar água em grande escala, como na sua aplicação em lavanderias de jeans, por exemplo, está apresentada na **Fig. 8**.

Fig. 8 - Questão 8: Sobre a viabilidade da eletrofloculação para tratar água em grande escala, em uma tinturaria, por exemplo, marque uma das opções que você mais concorda.

Viabilidade da eletrofloculação para tratar água em grande escala



Fonte: própria, 2021.

A **Fig. 8** sumariza os resultados da questão 8. Verifica-se que a maioria dos estudantes (79%) considerou adequada a aplicação da técnica em grande escala, nas lavanderias industriais. Esse tipo de concepção se associa a um entendimento sobre a existência de soluções plausíveis para os problemas ambientais causados pelos rejeitos das indústrias têxteis locais. Nesse caso, percebeu-se que os conhecimentos presentes nas argumentações dos estudantes e em suas respostas ao questionário foram, em sua maioria, condizentes com o que a ciência apresenta como soluções para os problemas discutidos. Tal posicionamento reflete parte das discussões realizada no experimento, especialmente sobre as concepções de Paschoal e Tremiliosi Filho (2005), que consideram a eletrofloculação uma técnica promissora no processo de tratamento e de reuso de água de efluentes têxteis, por possibilitar de forma rápida a oxidação parcial do poluente.

O funcionamento da eletrofloculação depende basicamente de processos químicos em meio aquoso, especificamente da condutividade elétrica. Inerentemente, outras características, tais como variação do pH do meio, tamanho das partículas floculadas e concentrações dos constituintes influenciam também o processo de eletrofloculação (CERQUEIRA, 2006).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As escolas precisam incluir em suas propostas educativas um conjunto de atividades voltadas para preparar os seus educandos para serem protagonistas do seu processo de aprendizagem. Ao mesmo tempo, são desafiadas a auxiliá-los a compreender e a atuar sobre os seus contextos locais, entendendo e agindo positivamente sobre a complexidade da relação homem-natureza na realidade em que se vive. As propostas a serem tomadas nessa direção também necessitam contribuir para preparar os estudantes tanto para o mercado de trabalho quanto para o desenvolvimento da consciência, enquanto cidadãos, de perceber que as atividades socioeconômicas precisam ser desenvolvidas de forma sustentável perante a natureza.

As atividades desenvolvidas nesta pesquisa, dentro do ambiente escolar, efetivaram-se como uma tentativa para colaborar na formação de indivíduos críticos e participativos, com vistas a enfrentar os problemas ambientais locais, em destaque aqui a água, recurso cada vez mais escasso no planeta. Neste propósito, enfatizamos a importância da experimentação problematizadora e contextualizada. Ela priorizou a solução de problemas, ao invés de apresentar a ciência de forma isolada, procedimento comum no ensino Química, especialmente em aulas experimentais. Dentro da Sequência Didática utilizada, a eletrofloculação se efetivou como uma técnica viável para a realização de tratamento de efluentes em escolas. Ela se configurou muito eficiente na remoção de matéria orgânica de misturas aquosas, mostrando-se simples e de baixo custo, inclusive considerando o fator tempo, uma vez que o experimento pôde ser realizado em menos de 20 (vinte) minutos. Além disso, por ser uma técnica com adequados padrões de segurança, ela pôde ser realizada por um estudante, de modo autônomo, pois apresenta baixo risco de acidentes.

A atividade recebeu um tratamento contextualizado e problematizador que se mostrou de grande relevância para ajudar os estudantes a compreender possíveis alternativas que a ciência dispõe, e produz continuamente, para a melhoria da relação homem – natureza, bem como, do próprio bem-estar das pessoas. Iniciativas nesse sentido podem ser ainda mais potencializadas quando do envolvimento de outras disciplinas. Com isso, podem ser discutidos diversos outros aspectos voltados ao consumo de água de qualidade e de forma consciente. Esperamos que a proposta aqui apresentada possa estimular novas pesquisas e contribua para novos desdobramentos no sentido de melhoria do processo de ensino-aprendizagem.

REFERÊNCIAS

AQUINO NETO, S. de; et al. **Tratamento de resíduos de corante por eletrofloculação: um experimento para cursos de graduação em química.** 2011, v. 34, n. 8 [Acessado 22 Junho 2021], pp. 1468-1471. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-40422011000800030>>. Epub 06 Out 2011. ISSN 1678-7064. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422011000800030>.

BORBA, F. H. **Aplicação dos processos foto-fenton e eletrofloculação no tratamento de efluente de curtume.** 2010. 137p. Dissertação (Mestrado Em Engenharia Química) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Química pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2010.

CAAMANO, Aureli. Enseñar química en contexto: un recorrido por los proyectos de química en contexto desde la década de los 80 hasta la actualidad. **Edución química**, v. 29, n. 1, p. 21-54, 2018.

CERQUEIRA, A. A. **Aplicação da técnica de eletrofloculação no tratamento de efluentes têxteis.** Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Química pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2006.

COMETTI, J. L. S., Fábio Lima da Silva, F. L. da; Santos, F. H. dos; Lima, V. A. **Diagnóstico Ambiental Comparativo entre 2014 e 2015 das Indústrias Têxteis (Lavanderia de Jeans) do Município de Toritama-PE.** VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Campina Grande/PB – 21 a 24/11/2016.

FRANCISCO JR. Wilmo E.; FERREIRA, Luiz Henrique e HARTWIG Dácio Rodney. Experimentação Problematizadora: Fundamentos Teóricos e Práticos para a Aplicação em Salas de Aula de Ciências. **Química Nova na Escola**. N° 2, novembro, 2008. Disponível em: <http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc30/07-PEQ-4708.pdf>. Acesso em: 8 jul.2021

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido.** 43ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2005.

_____. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa.** 33ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2006.

GIL, Antônio. Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo : Atlas, 2008

GONÇALVES, R. P. N.; GOI, M. E. J. Experimentação no Ensino de Química na Educação Básica: Uma Revisão de Literatura. **Revista Debates em Ensino de Química**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 136–152, 2021.

MARTINS, F. R.; DELOU, C. M. C.; CARDOSO, F. S. O Papel da Experimentação como proposta no ensino de Química: Uma revisão das publicações na Revista Química Nova na Escola. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**. v. 9, n. 2, 2019.

MARTINS, Ronei Ximenes; RAMOS, Rosana. Metodologia de pesquisa: guia de estudos. Lavras: UFLA, 2013, p. 8-21.

OLIVEIRA, Geórgia Cristina de Sousa. **Perfil socioeconômico e potencialidades para a captação de água da chuva na microrregião do Alto Capibaribe, PE**. Recife, 2012. 110 f. Dissertação (mestrado) - UFPE, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-graduação em Geografia. Recife, 2012...

PASCHOAL, Fabiana Maria Monteiro; TREMILIOSI FILHO, Germano. Aplicação da tecnologia de eletrofloculação na recuperação do corante índigo blue a partir de efluentes industriais. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 5, p. 766-772, 2005. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/qn/v28n5/25897.pdf> > DOI: 10.1590/s0100-40422005000500006.

PEREIRA, A. de S.; VITURINO, J. P. ; ASSIS, A. O Uso De Indicadores Naturais Para Abordar A Experimentação Investigativa Problematicadora Em Aulas De Química. **Rede Latino-Americana de Pesquisa em Educação Química -ReLAPEQ**. v.1, n.2, 2017.

SANTOS, L. R. dos; MENEZES, J. A. de. A experimentação no ensino de Química: principais abordagens, problemas e desafios. **Rev. Eletrônica Pesquiseduca**. Santos, Vol. 12, n 26, p. 180-207, jan.-abril, 2020.

SEBRAE - **Estudo Econômico das Indústrias de Confecções de Toritama/PE**. Recife, abril de 2019.

ZANONI, M. V. B.; YAMANAKA, H.. **Corantes: caracterização química, toxicológica, métodos de detecção e tratamento**. 1 ed. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2016.