

# O ENFOQUE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE NO ENSINO DE QUÍMICA: ADSORÇÃO DE METAIS

*SCIENCE, TECHNOLOGY AND SOCIETY APPROACH TO TEACH CHEMISTRY: METAL ADSORPTION*

*EL ENFOQUE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA: LA ADSORCIÓN DE METALES*

Sara Nepomuceno Patriota Lima<sup>1</sup>  
Gabriele Kuhn Dupont<sup>2</sup>  
Lígia Fernanda Kaefer Mangini<sup>3</sup>

## Resumo

Há décadas, as principais fontes de contaminação do meio ambiente são os metais pesados oriundos das indústrias. Esta poluição causa sérios problemas à fauna, à flora e aos seres humanos; logo, a descontaminação dos solos e das águas é uma tarefa essencial. Nesse contexto, a adsorção é um processo físico-químico alternativo para o tratamento de efluentes, por se tratar de uma tecnologia eficiente e de baixo custo. A abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) é um recurso pedagógico viável para compreender melhor processos como a adsorção, de modo a desenvolver o conhecimento científico e tecnológico dos estudantes. Ademais, a abordagem CTS promove uma atitude criativa e crítica nos discentes — ao invés de uma educação baseada na transmissão de conhecimento e na memorização.

**Palavras-chave:** abordagem CTS; educação; adsorção.

## Abstract

For decades, the main sources of environmental contamination have been heavy metals from industries. This pollution causes serious problems for fauna, flora, and human beings; thus, the decontamination of soil and water is an essential task. In this context, adsorption is an alternative physicochemical process for the treatment of effluents, as it is an efficient and low-cost technology. The Science, Technology and Society (STS) approach is a viable pedagogical resource to better understand processes such as adsorption, to develop students' scientific and technological knowledge. Furthermore, the approach STS promotes a creative and critical attitude in students — rather than an education based on knowledge transmission and memorization.

**Keywords:** STS approach; education; adsorption.

## Resumen

Durante décadas, las principales fuentes de contaminación del medio ambiente han sido los metales pesados provenientes de las industrias. Esta contaminación causa serios problemas a la fauna, a la flora y a los seres humanos, de manera que la descontaminación de suelos y aguas es una tarea esencial. En ese contexto, la adsorción es un proceso fisicoquímico alternativo para el tratamiento de efluentes, por ser una tecnología eficiente y de bajo costo. El enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) es un recurso pedagógico viable para comprender mejores procesos como la adsorción, con el fin de desarrollar el conocimiento científico y tecnológico de los estudiantes. Además, el enfoque CTS promueve una actitud creativa y crítica en los estudiantes — más que una enseñanza basada en la transmisión de conocimientos y en la memorización.

**Palabras-clave:** enfoque CTS; educación; adsorción.

---

<sup>1</sup>Acadêmica no curso de Licenciatura em Química no Centro Universitário Internacional UNINTER. E-mail: sarapatriota@hotmail.com.

<sup>2</sup>Docente no Centro Universitário Internacional UNINTER. E-mail: gabriele.d@uninter.com.

<sup>3</sup>E-mail: ligia@uninter.com.

## 1 Introdução

O ensino de química desenvolvido com temas contextualizados vem sendo apontado como uma possibilidade de romper o ensino pautado na simples transmissão de conhecimento. Por intermédio da abordagem com enfoque em ciência, tecnologia e sociedade (CTS), o ensino tem a possibilidade de deixar de ser orientado por conceitos. Assim, a educação científica traz resultados quando ocorre a partir do estudo de questões sociais relevantes, relacionando-as aos domínios tecnológico e científico (RODRIGUES; QUADROS, 2019).

Inúmeras pesquisas indicam que o ensino envolvendo CTS pode aumentar o engajamento estudantil para o estudo de ciências. Considerando esse fator, utilizar-se-á o estudo sobre remoção de metais em águas contaminadas – adsorção, a partir de materiais de baixo custo — como base do artigo, para aproximar conceitos teóricos à prática da química. A contaminação dos recursos hídricos naturais é ocasionada, principalmente, pelas atividades industriais. Setores industriais como o têxtil, papel e celulose, impressão, tintas, solventes, entre outros, consomem grandes volumes de água e, no final do processo industrial, grande parte dessa água contaminada (efluente industrial) é rejeitada sem nenhum controle, depreciando o meio ambiente (BARROS *et al.*, 2017).

A presença de íons metálicos em excesso em corpos d'água são altamente móveis e bioacumulativos na cadeia alimentar, além de serem uma ameaça à vida dos seres vivos, pois muitos desses metais são tóxicos e possuem natureza carcinogênica (MOREIRA *et al.*, 2009). O chumbo, mercúrio, cádmio, cromo, cobre, e arsênio são exemplos de metais tóxicos e cancerígenos que podem estar presentes em efluentes industriais (BARROS *et al.*, 2017).

É necessário, então, um tratamento ambiental com técnicas diversas como precipitação, coagulação e troca-iônica; porém, algumas dessas técnicas possuem grande investimento e pouca eficiência, além de produzirem mais resíduos (DA SILVA *et al.*, 2014). Entre os diversos métodos, o processo de adsorção é um dos métodos eficazes, usados para remoção de metais tóxicos a partir de solução aquosa. (OZCAN; OZCAN, 2004). Esse método é baseado na capacidade de ligação entre o metal e o adsorvente, que pode ser biomassa, bactérias, fungos e algas (DA SILVA *et al.*, 2014).

Diferentes tipos de adsorventes são utilizados na remoção de metais tóxicos. Os adsorventes são substâncias porosas que têm uma área superficial elevada para uma dada massa. A utilização de adsorventes nativa de resíduos agroindustriais, algas, microrganismos vivos ou mortos, como bactérias, fungos ou leveduras, são caracterizados como processo de biossorção, que consiste na adsorção de metais pesados por meio de biossorventes (PEREIRA, 2021). A

adsorção foi escolhida por ser um tema atual e usual no mundo científico, pois é possível utilizar materiais de baixo custo e que seriam descartados, ajudando, assim, na preservação do meio ambiente. A adsorção é um fenômeno que acontece de forma natural; porém, algumas indústrias a aperfeiçoaram, utilizando-a para limpar resíduos tóxicos ou no tratamento da água.

Este artigo tem como objetivo descrever, qualitativamente, como ocorre o processo de adsorção e a análise de resultados obtidos através de pesquisa bibliográfica realizada em sites de periódicos científicos, com enfoque em ciência, tecnologia e sociedade (CTS).

## **2 Enfoque ciência, tecnologia, sociedade: uma breve apresentação**

Antes da Segunda Guerra Mundial, a sociedade tinha uma visão salvacionista sobre a ciência. Para a maioria da população, a ciência poderia ser a salvação de todos os males e problemas sociais. Diante disso, surgiu o determinismo tecnológico que insinuaria que o desenvolvimento científico levaria a sociedade ao desenvolvimento tecnológico, que ocasionaria o desenvolvimento econômico, levando ao desenvolvimento social e bem-estar social (AULER; DELIZOICOV, 2006).

Em meados do século XX, o CTS — que é um movimento social — ganhou espaço. O desenvolvimento científico colocou à prova a visão salvacionista; contudo, em dado momento, a sociedade começou a ter um sentimento desconfortável em relação ao desenvolvimento científico. A microeletrônica, a microbiologia e a energia nuclear abalaram as relações da sociedade com a ciência e a tecnologia, potencializando o debate sobre o lado positivo e negativo da produção científica (RODRIGUES *et al.*, 2017).

O CTS é um movimento onde desenvolvimento científico e tecnológico é (i) um processo social, uma vez que depende da produção humana e, portanto, não é um processo neutro, livre de ideologias, e (ii) as mudanças científicas e tecnológicas causam impactos positivos e negativos na sociedade e, portanto, as decisões sobre os rumos da ciência e da tecnologia devem ser de cunho democrático, em detrimento da tecnocracia normalmente empregada (RODRIGUES *et al.*, 2017).

O movimento CTS tornou-se mais evidente no Brasil a partir da década de 1990, principalmente no campo da educação científica e tecnológica; o objetivo era despertar o interesse dos estudantes quanto às questões científico-tecnológicas, relacionando os fatos da vida cotidiana à ciência e à tecnologia; problematizar as questões sociais e éticas relacionadas ao uso da tecnologia, favorecer a compreensão da natureza da ciência e do trabalho dos

cientistas, contribuir para a formação cidadão, para a tomada consciente de decisões responsáveis (DO NASCIMENTO *et al.*, 2016).

Dessa forma, a importância de discutir com os alunos os avanços da ciência e tecnologia, suas causas, consequências, os interesses econômicos e políticos, de forma contextualizada, está no fato de que devemos conceber a ciência como fruto da criação humana. A Educação Tecnológica tende para o enfoque CTS, que vem sendo muito difundido, principalmente no ensino de ciências (PINHEIRO *et al.*, 2007).

O desafio de construir uma educação científica e tecnológica crítica passa, igualmente, pela elaboração e consecução de atividades didáticas interessantes para o estudante, em uma perspectiva que alie: (1) o enfoque CTS, (2) a interdisciplinaridade e (3) a complexidade (SIQUEIRA-BATISTA *et al.*, 2010).

## 2.1 Ciência química com enfoque em CTS

Ferreira *et al.* (2018), utilizando o estudo de corantes com enfoque em CTS, relataram a experiência e aplicação como uma intervenção didática. Os autores realizaram experimentos com POA (Processos oxidativos avançados) de forma qualitativa, e utilizaram questionários e construção de texto dissertativo argumentativo. Ao final da intervenção, perceberam uma assimilação de conceitos científicos, como: ampliação da capacidade argumentativa e criticidade em relação ao uso dos corantes, o que favorece uma atuação cidadã.

Siqueira-Batista *et al.* (2010) inseriram nanociência e nanotecnologia, temas abordados de forma interdisciplinar. Empregaram o tema para o ensino de ciências, a partir da revisão de literatura com enfoque em CTSA. Compreenderam que a Educação científica e tecnologia (ECT) é de suma importância no CTSA, por criar espaços democráticos para o debate em sala de aula, concorrendo para a formação de cidadãos mais responsáveis com o próximo, com a sociedade e com o meio ambiente.

Silva (2019) propõe uma técnica de organização de sala de aula que é a sequência didática (SD), que estabelece um ensino investigativo — com a problematização, a organização dos conteúdos e a aplicação de conhecimento. Silva (2019) elaborou uma SD com enfoque em CTSA, contextualizando o conteúdo de eletroquímica. Resultados apontam que o planejamento de atividades por SD, baseado em CTSA, indica uma facilidade de compreensão do conteúdo e, por consequência, maior interação por parte dos alunos.

De Carvalho Costa *et al.* (2021) utilizaram o jogo como recurso didático a partir de uma SD com enfoque em CTS. O jogo “tratando a água” é um quiz inspirado no programa de

televisão de nome “*Passa ou repassa*”. A última fase se trata de um esquema de uma estação de tratamento de água ETA, que deve ser montada com as peças em ordem correta para garantir pontuação no jogo, que, por sua vez, foi inspirada em um jogo intitulado “*Quebra-cabeça*”. Constatou-se que a abordagem CTS, associada à utilização do jogo didático, contribui de forma significativa para o ensino de química, aproximando os alunos do conteúdo, motivando-os a construir o conhecimento de forma lúdica e eficiente.

Niezer *et al.* (2015) utilizaram uma estratégia de ensino aplicada aos alunos do 2º ano do Ensino Médio sobre soluções químicas no estudo de tratamento de água, com enfoque em CTS; os alunos fizeram uma visita técnica a uma ETA, com orientações sobre cada etapa do tratamento. Na visita, os alunos foram participativos e questionadores; observou-se que a ação contribuiu para a compreensão sobre os conceitos relacionados ao estudo de soluções químicas, de maneira contextualizada. Os questionamentos e análises realizados pelos alunos demonstraram que a atividade ampliou seu foco de estudo, levando-os a aprenderem e a reverem diversificados conceitos químicos, conduzindo-os a conhecerem suas aplicações e implicações sociais (políticas, econômicas, tecnológicas, culturais), como propõe o enfoque CTS, de modo a promover a alfabetização científica e tecnológica.

Dos Santos *et al.* (2021) analisaram o enfoque entre a CTS e a ABP (Aprendizagem Baseada em Problemas), a partir de características e objetivos que ambas possuem em comum. O estudo foi fundamentado por uma revisão de literatura, realizada em sites de busca, como o Google acadêmico. A partir dessa pesquisa, os autores concluíram que a CTS-ABP possuem pontos em comum, como, por exemplo: a interdisciplinaridade; contextualização; tomada de decisão; participação ativa do aluno; trabalho em grupo; abordagem temática; e o desenvolvimento da autonomia dos discentes — elementos que podem contribuir para a ascensão da educação científica.

## 2.2 Contaminação ambiental por metal em ambientes aquáticos

O avanço das atividades industriais e o aumento populacional nas últimas décadas têm causado uma série de problemas ambientais, em função da geração de resíduos contendo substâncias tóxicas e a sua bioacumulação no organismo de plantas e animais.

Esses contaminantes, contendo metais potencialmente tóxicos sem tratamento adequado, influenciam na qualidade de ambientes aquáticos, terrestres e atmosféricos, gerando impacto ambiental com possíveis danos irreparáveis. A presença de íons metálicos em excesso nos corpos d'água é uma ameaça potencial à saúde pública, à fauna e à flora, pois muitos são

conhecidos pela natureza mutagênica (LIMA, 2017). Embora alguns metais sejam biogênicos, ou seja, sua presença é essencial para a manutenção de rotas metabólicas, a maioria dos metais, se ingeridos em excesso, são nocivos e acumulativos no organismo (PATRIOTA *et al.*, 2010).

Efluentes domésticos e industriais, substâncias químicas de pesticidas e fungicidas utilizados na agricultura e rejeitos da exploração mineral são grandes fontes de metais para o sistema aquático (LIMA *et al.*, 2015). Há alguns anos, a questão ambiental tem se tornado mais evidente, devido à população mundial estar se conscientizando sobre a importância da preservação do meio ambiente, de modo a garantir às próximas gerações um ambiente mais benéfico para se viver. Desta maneira, o desenvolvimento de instrumentos e técnicas mais eficientes se tornam mais necessárias para tratamento e/ou remoção completa desses metais em ambientes aquáticos.

Entre os diversos métodos, o processo de adsorção tem se apresentado como um dos métodos mais eficazes utilizados para remoção de metais tóxicos, a partir de solução aquosa (OZCAN; OZCAN, 2004). Além disso, a adsorção pode remover e/ou minimizar diferentes tipos de íons metálicos e possui uma maior aplicabilidade no controle da poluição da água.

### 2.3 Biossorção de metais

A biossorção é a capacidade da biomassa em adsorver poluentes em sua superfície, através de grupos funcionais carboxílicos e fenólicos, que, em pH neutro, consegue remover os cátions em solução — por meio de processos como complexação, troca-iônica e adsorção. O método de biossorção surgiu como uma opção aos métodos convencionais para remoção de metais pesados de soluções diluídas, como processo complementar ao tratamento convencional de efluentes (LIMA, 2017).

Diversos tipos de biomassas naturais disponíveis em grande quantidade no meio ambiente foram identificados com elevado potencial para serem empregadas como biossorventes, devido à sua elevada capacidade em adsorver metais pesados contidos em soluções aquosas (DEMIRBAS, 2008). Demonstrou-se que cascas de coco (KADIRVELU; NAMASIVAYAM, 2003), amendoim (OLIVEIRA *et al.*, 2009), laranja (AJMAL *et al.*, 2000), arroz (TARLEY *et al.*, 2004), resíduos de café (MINAMISAWA *et al.*, 2005), folhas de chá (AHLUWALIA; GOYAL, 2005) e pecíolos de Buriti (PATRIOTA *et al.*, 2020) têm elevada capacidade de adsorver metais na superfície da biomassa, servindo como biossorventes com potencial para serem empregados no tratamento de efluentes contaminados com metais tóxicos.

O interesse na bioadsorção está na utilização desses materiais na descontaminação de efluentes líquidos, a fim de garantir um baixo custo do processo (LIMA, 2017). A remoção de metais (catiônicos ou aniônicos), fundamentada em técnicas de sorção e empregando biomassa (chamada de bioadsorção), vem se apresentando como uma alternativa promissora para a resolução da problemática, em decorrência da afinidade natural que compostos biológicos (biomassas) têm por elementos metálicos.

A adsorção é um fenômeno físico-químico de grande importância, devido a suas múltiplas aplicações na indústria. A adsorção se diferencia da absorção, pois a absorção implica no acúmulo da substância absorvida em todo o volume do adsorvente, enquanto na adsorção o fenômeno ocorre na superfície do adsorvente (PATRIOTA *et al.*, 2010).

A adsorção pode ser avaliada, quantitativamente, através das isotermas de adsorção, que expressam a relação entre a quantidade do poluente que é adsorvido por unidade de massa do bioadsorvente e a concentração do poluente em solução no equilíbrio a uma determinada temperatura (DA SILVA, 2014). O valor da máxima capacidade de adsorção é uma característica importante para conhecer o desempenho da biomassa a altas concentrações do sorvente (COELHO *et al.*, 2014). Além disso, a análise dos dados da isoterma por diferentes modelos é um passo essencial para encontrar um modelo que mais se adéqua aos dados experimentais. A aplicabilidade do modelo de isoterma é feita comparando os valores dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) (LIMA, 2017).

A isoterma de Langmuir foi o primeiro modelo de descrição de processos de adsorção e assume as seguintes hipóteses: as espécies adsorvidas somente com um sítio definido; cada sítio acomoda apenas uma molécula (monocamada); não interações entre moléculas dos sítios vizinhos; a energia de adsorção de cada sítio é igual; e as moléculas que foram adsorvidas se aderem na superfície do adsorvente em sítios ativos, bem definidos e localizados (PEREIRA, 2021).

### 2.3.1 Adsorção utilizando biomassa para remoção de metais

Tarley *et al.* (2004) observaram que a casca do arroz possuía uma grande eficiência na remoção do Cd e Pb. Notou-se que o pH ótimo de remoção foi 4, com uma retenção de 4,23 mg/g para Pb e de 1,42 mg/g para Cd. A maior capacidade de adsorção do chumbo em relação ao cádmio foi devida à diferença de eletronegatividade entre estes metais.

Resíduos de café têm sido estudados por Minamisawa *et al.* (2005) como adsorventes para tratamento de água. Para adsorver metais pesados, os resíduos de grãos de café foram

suspensos em soluções aquosas contendo Cu (II) e Cd (II). Os resultados mostraram que a porcentagem de adsorção dos íons de metais pesados foi acima de 90% para os grãos de café examinados. Além disso, as capacidades de adsorção de Cu (II) e Cd (II) para os íons de café eram de cerca de 2,0 mg/g.

As cascas de amendoim foram estudadas por Oliveira *et al.* (2009) para remoção de cobre e chumbo. A máxima capacidade de adsorção, obtida a partir do modelo de Langmuir, foi de 0,21 e 0,18 mmol/g de cobre e chumbo, respectivamente.

Kadirvelu e Namasivayam (2003) utilizaram carvão preparado de fibras de coco para adsorção de cádmio em solução aquosas. Em condições de pH 5,0 e temperatura de 30°C, a capacidade de adsorção foi de 93,4 mg/g.

Ajmal *et al.* (2000) analisaram a casca de laranja para remoção de Ni (II) em águas residuais de galvanoplastia. Verificou-se que a remoção de Ni (II) é dependente da concentração inicial do metal, o pH e da temperatura. A adsorção máxima de 96% a 50 °C para uma concentração inicial de 50 mg/L, a pH 6.

Ahluwalia e Goyal (2005) utilizaram os resíduos das folhas de chá para a remoção de chumbo, ferro, zinco e níquel em água. A partir de 20 mg/L de solução metálica por biomassa de folhas de chá seca, as capacidades máximas de adsorção foram 2,096 mg/g Pb; 79,526 mg/g Fe; 785,549 mg/g Zn e 515,037 mg/g Ni.

Patriota *et al.* (2020) estudaram a adsorção dos pecíolos de Buriti em solução aquosa contendo Cu (II). A capacidade máxima de adsorção foi de 14,2mg/g no pH de 4,5. Os resultados mostraram que a quantidade adsorvida foi dependente do pH da solução, sendo que a adsorção aumenta com o aumento do pH.

Com a grande capacidade de adsorver metais perigosos, o uso de resíduos agroindustriais vem sendo estudado e explorado, principalmente pelo seu baixo custo, rapidez e eficiência na biossorção.

### **3 Metodologia**

O presente trabalho estabelece uma investigação teórica com base na revisão de literatura, utilizando o Google Acadêmico. Na busca realizada no site, foram empregados os seguintes descritores: adsorção por metais tóxicos; adsorção utilizando biomassa; e adsorção de metais com enfoque em CTS.

Após a leitura dos artigos pertinentes ao tema, obteve-se uma síntese dos manuscritos que foram divididas em dois eixos principais: adsorção utilizando biomassa para remoção de metais em soluções aquosas e adsorção com enfoque em CTS.

Ao utilizar o ensino de química com enfoque CTS, obtém-se uma renovação na estrutura curricular dos conteúdos, de forma a colocar a ciência e a tecnologia em novas perspectivas; ou seja, tem-se a necessidade de relacionar os conteúdos da ciência ao contexto da sua base tecnológica e social (FERREIRA *et al.*, 2018).

A experimentação é uma forma de transformar o ensino de Química em uma ciência mais concreta, real. Nesse sentido, podemos confirmar as teorias tão difundidas em sala de aula. A experimentação com discussão, análise de dados e resultados, a partir de pesquisas práticas e/ou bibliográficas, estimula o senso crítico, construção de ideias, além do desenvolvimento cognitivo dos alunos. Assim, a adsorção pode ser um tema inserido na sala de aula, através de experimentos práticos e leitura de artigos. Pode-se utilizar de visita técnica e palestras sobre os efluentes industriais e seus perigos se lançados na natureza sem tratamento prévio. Com o tema adsorção, pode-se empregar vários conceitos científicos como: cálculo de pH, análise de gráficos, tratamento de água e esgoto, ligações químicas, separação de misturas, reações químicas, química orgânica, entre outros.

Um saber popular sobre o uso da adsorção no dia a dia é colocar carvão na geladeira para remover odores desagradáveis. Esse mesmo carvão, o vegetal ou o ativado (encontrados em lojas de produtos para aquários), pode ser utilizado em experiências com estudantes do Ensino Médio sobre o tema adsorção, com vistas a auxiliar a aprendizagem dos conceitos supracitados.

Um experimento simples e de baixo custo seria a utilização de carvão vegetal e o ativado na remoção de corantes.

**Materiais:**

Carvão vegetal;

Carvão ativado;

Pilão de alumínio;

Refresco em pó (uva, morango) para melhor efeito visual da adsorção;

Colheres de chá;

Funil ou filtro de coar café;

Papel filtro de coar café;

Um jarro para preparar 1L de suco em pó;

Copos descartáveis de 250 ml;

Copo medidor;

Canetinha.

**Procedimentos:**

Prepare o suco em pó (1L) no jarro próprio, de acordo com as instruções da embalagem. Triture, separadamente, os dois tipos de carvão, a fim de obter uma granulometria semelhante e reserve. Adicione 1 colher de chá de cada carvão em copos descartáveis distintos, com os respectivos nomes. Em seguida, adicione 100 ml do suco. Agite com a colher por aproximadamente 3 minutos. Após o tempo, filtre a solução obtida para separar o carvão do suco. Compare a coloração das 2 soluções.

Após a experiência, um questionário será aplicado com as seguintes questões:

1. Você gosta da disciplina de Química? Justifique.
2. Qual conteúdo da disciplina de Química você mais gosta? Justifique
3. Você acha importante ter aulas práticas? Justifique.
4. Com o experimento, observamos a diminuição da coloração inicial. Por que isso aconteceu?
5. Qual das soluções (carvão vegetal ou carvão ativado) a coloração teve maior redução? Por quê?
6. Por que os 2 tipos de carvão conseguem remover o corante?
7. Você considera que a experiência ajudou na compreensão do conteúdo? Justifique.

#### **4 Considerações finais**

Com a pesquisa sobre bioadsorventes para a remoção de poluentes metálicos presentes em águas e efluentes, notou-se um grande potencial desta área de estudo. A revisão bibliográfica permitiu constatar que as mais variadas biomassas podem ser empregadas para um processo de sustentabilidade na remoção de poluentes que nossa própria sociedade produz. Ademais, é possível alcançar inúmeros resultados em prol do meio ambiente, como, por exemplo: reaproveitamento de resíduos com destino mais adequado e redução da quantidade de resíduos em aterros.

Em continuidade, averiguou-se que os íons metálicos mais analisados foram Cu (II), Cd(II) e Pb(II) e Zn(II), porque a quantidade desses íons no meio ambiente é enorme e, também, por serem utilizados em diversas áreas industriais.

A partir dessa revisão, constatou-se que biomassas de diferentes tipos com as cascas, folhas e pecíolos, são materiais excelentes para a remoção de poluentes metálicos.

Nesse contexto, avaliou-se que a bioissorção é um método eficiente na remoção de metais tóxicos de águas residuais. Isso pode ser constatado ao comparar a bioissorção com outras técnicas de tratamento, pois a bioissorção oferece a vantagem de alta eficiência de remoção e baixo custo, e ainda tem a possibilidade de aproveitar resíduos agroindustriais como bioissorventes que antes seriam descartados.

Destarte, a busca por novos materiais adsorventes que sejam viáveis para a remoção de contaminantes continua em alta, visando não apenas os resíduos agroindustriais, mas, também, procurando alternativas em algas, fungos, bactérias, entre outros.

É preciso, no entanto, estudar a implementação desses adsorventes em escala industrial e verificar a melhor forma de adquirir os adsorventes e se há possibilidade de reutilização; caso não haja, é necessário investigar como serão descartados esses materiais com alto teor de metais em sua superfície.

A partir da análise de manuscritos sobre o ensino com enfoque em CTS, observou-se que a abordagem é bastante contextualizada. Em vista disso, os alunos, que são o foco principal, se mostraram mais participativos, questionadores e interessados pelo tema. Os professores que utilizam CTS ampliaram suas visões quanto ao modo de ensinar, tornando-se mais críticos e valorizando a participação dos estudantes.

A utilização do enfoque CTS no ensino traz mudanças na prática pedagógica, cujo objetivo é promover uma atitude criativa e crítica no discente — ao invés de um ensino baseado na transmissão de conhecimento e de memorização. Para que o enfoque em CTS seja atingido, busca-se uma nova atitude diante dos conteúdos, tendo a participação do estudante incentivada cada vez mais.

Nessa perspectiva, o docente precisa de uma postura diferenciada, que proporcione autocrítica sobre o desenvolvimento científico e tecnológico, de forma consciente e responsável. Uma abordagem CTS precisa ocupar uma posição de maior destaque nos currículos de ensino Química, favorecendo o processo de aprendizagem de conceitos científicos e a articulação destes em diferentes situações.

## Referências

AHLUWALIA, S. S.; GOYAL, D. Removal of heavy metals by waste tea leaves from aqueous solution. **Engineering in life Sciences**, [S.l.], v. 5, n. 2, p. 158-162, 2005.

AJMAL, M. *et al.* Adsorption studies on *Citrus reticulata* (fruit peel of orange): removal and recovery of Ni (II) from electroplating wastewater. **Journal of Hazardous Materials**, [S.l.], v. 79, n. 1, p. 117- 131, 2000.

AULER, D; DELIZOICOV, D. Educação CTS: articulação entre pressupostos do educador Paulo Freire e referenciais ligados ao movimento CTS. *In: SEMINÁRIO IBÉRICO CTS NO ENSINO DAS CIÊNCIAS: LAS RELACIONES CTS EN LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA*, 4., 2006, Málaga. **Anais [...]**. Málaga: Universidad de Málaga, 2006.

BARROS, D. C.; CARVALHO, G.; RIBEIRO, M. A. Processo de biossorção para remoção de metais pesados por meio de resíduos agroindustriais: uma revisão. **Revista Biotecnologia & Ciência**, Anápolis, v. 6, n. 1, p. 01-15, 2017.

COELHO, G. F. *et al.* Uso de técnicas de Adsorção utilizando resíduos agroindustriais na remoção de contaminantes em água. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v. 3, p. 291-317, 2014. Edição especial.

DA SILVA, J. L. B. C. *et al.* Biossorção de metais pesados: uma revisão. **Revista Saúde & Ciência Online**, [S.l.], v. 3, n. 3, p. 137-149, 2014.

DE CARVALHO COSTA, W. G; DA SILVA, M. R. A; DA SILVA, L. C. Tratando a água: um jogo didático para o ensino de química com enfoque na abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade-CTS. **Research, Society and Development**, [S.l.], v. 10, n. 4, 2021.

DEMIRBAS, A. Heavy metal adsorption onto agro-based waste materials: A review. **J. Hazard. Mater**, [S.l.], v. 157, n. 2-3, p. 220-229, 2008.

DO NASCIMENTO, A. S. G; RODRIGUES, M. F.; NUNES, A. O. A pertinência do enfoque ciência, tecnologia e sociedade (CTS) na educação profissional e tecnológica. **Revista Brasileira da Educação Profissional e Tecnológica**, Natal, v. 2, n. 11, p. 117-129, 2016.

DOS SANTOS, F. L; DE BRITO, L. P; DE ALMEIDA, A. C. P. C. O enfoque ciência, tecnologia e sociedade e a metodologia da aprendizagem baseada em problemas: um ensaio sobre as possibilidades para a promoção da educação científica na Educação Básica. **Revista Pesquisa Qualitativa**, [S.l.], v. 9, n. 20, p. 220-249, 2021.

FERREIRA, Wendel M. *et al.* Corantes: Uma abordagem com enfoque ciência, tecnologia e sociedade (CTS) usando processos oxidativos avançados. **Revista Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 40, n. 4, p. 249-257, 2018.

KADIRVELU, K.; NAMASIVAYAM, C. Activated carbon from coconut coirpith as metal adsorbent: adsorption of Cd (II) from aqueous solution. **Advances in Environmental Research**, [S.l.], v. 7, n. 2, p. 471-478, 2003.

LIMA, D. P. *et al.* Contaminação por metais pesados em peixes e água da bacia do rio Cassiporé, Estado do Amapá, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 45, p. 405-414, 2015.

LIMA, S. N. P. **Caracterização das fibras de buriti e sua aplicabilidade como adsorvente de metais e corantes**. 2017. 97 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, 2017.

- MINAMISAWA, M. *et al.* Removal of copper (II) and cadmium (II) from water using roasted coffee beans. **Environmental Chemistry**, [S.l.], p. 259-265, 2005.
- MOREIRA, S. A. *et al.* Remoção de Metais de solução aquosa usando bagaço de caju. **Química Nova**, [S.l.], v. 32, n 7, p. 1717– 1722, 2009.
- NIEZER, T. M. *et al.* Enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade no ensino de soluções químicas: estudo sobre o tratamento da água. **Revista Ibero-Americana de Educação**, v. 68, n. 1, p. 81-92, 2015.
- OLIVEIRA, F. D. *et al.* Copper and lead removal by peanut hulls: Equilibrium and kinetic studies. **Desalination**, [S.l.], v. 248, n. 1, 931-940, 2009.
- OZCAN, A.S.; OZCAN, A. Adsorption of acid dyes from aqueous solutions onto acidactivated bentonite. **Journal of Colloid and Interface Science**, [S.l.], v. 276, n.1, p. 39-46, 2004.
- PATRIOTA, S. N. *et al.* Potencial dos resíduos da agroindústria no desenvolvimento de adsorventes de metais pesados. **Periódico Tchê Química**, [S.l.], v. 6, n. 12 p. 42-51, 2010.
- PATRIOTA, S. N. *et al.* Adsorption of Copper and Methylene Blue on an Agrowaste of Mauritia Flexuosa. **Journal of Environmental Engineering**, [S.l.], v. 146, n. 6, p. 04020039, 2020.
- PEREIRA, K. B. **Utilização de diferentes tipos de adsorventes na remoção de íons metálicos em efluentes: uma revisão.** 2021. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) – Instituto Federal Goiano, Ceres, 2021.
- PINHEIRO, N. A. M; SILVEIRA, R. M. C. F; BAZZO, W. A. Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 13, p. 71-84, 2007.
- RODRIGUES, V. B; QUADROS, A. L. Contribuições do ensino de Química na perspectiva CTS para a aprendizagem de conceitos científicos. **Revista Debates em Ensino de Química**, Recife, v. 5, n. 1, p. 45-58, 2019.
- RODRIGUES, V. A. B; FELIX, M. A. C; QUADROS, A. L. Aprendizagem de conceitos científicos no ensino de ciências com abordagem CTS. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS – ENPEC*, 11., 2017, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2017.
- SILVA, B. M. **Uma estratégia de ensino e aprendizagem com o enfoque CTSA numa perspectiva contextualizada através do conteúdo de eletroquímica.** 2019. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2019.
- SIQUEIRA-BATISTA, Rodrigo *et al.* Nanociência e nanotecnologia como temáticas para discussão de ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 16, p. 479-490, 2010.

TARLEY, C.R.; ARRUDA, M.A. Biosorption of heavy metals using rice milling by-products. Characterization and application for removal of metals from aqueous effluents, **Chemosphere**, [S.l.], v. 54, 987 -995, 2004.