

Explorando a capacidade de adsorção de macroalgas marinhas: uma abordagem didática com *Sargassum filipendula* e *Kappaphycus alvarezii*

Isis Verona Nascimento da Silva Franzi, Kamila Lacerda da Silva e Anderson Gomes de Paula

Este artigo apresenta uma abordagem prática para o ensino de química ambiental no Ensino Médio, utilizando as algas *Sargassum filipendula* e *Kappaphycus alvarezii*. O estudo destaca a capacidade dessas algas de remover metais pesados de efluentes, abordando uma questão ambiental relevante. A metodologia propõe proporcionar aos alunos uma experiência prática acessível, utilizando materiais comuns para tornar o aprendizado mais envolvente e vinculado à sustentabilidade. O experimento tem o potencial de ampliar a compreensão dos estudantes sobre o impacto das atividades humanas no meio ambiente, estimulando a conscientização acerca de práticas sustentáveis. Além disso, a integração entre teoria e prática é enfatizada como estratégia para consolidar o conhecimento e desenvolver habilidades essenciais ao pensamento científico, alinhando-se aos objetivos de uma educação que prepara os alunos para os desafios ambientais e tecnológicos do futuro.

► atividade experimental, macroalgas, adsorção ◀

Recebido em 13/08/2024; aceito em 29/04/2025

Introdução

O ensino de Química enfrenta inúmeros desafios, especialmente ao abordar temas complexos, como a química ambiental. Apesar de sua crescente relevância na sociedade, esses assuntos são frequentemente tratados de forma superficial nas escolas, devido à sua complexidade e à percepção de que são difíceis de ensinar e compreender (Chen *et al.*, 2020; Sheikh e Subramaniam, 2023).

A química ambiental está intrinsecamente ligada a questões críticas da atualidade, como a poluição, a gestão de resíduos e a preservação dos recursos naturais.

Para os estudantes, compreender essa área é essencial não apenas para o desenvolvimento acadêmico, mas também para a formação de cidadãos conscientes e críticos (Jansson *et al.*, 2015; Borges e Miranda, 2022).

O aumento da contaminação de efluentes é um problema ambiental global que impacta negativamente os ecossistemas aquáticos e a saúde pública. Por isso, é fundamental abordar

essa questão no âmbito educacional, fornecendo informações concretas e experimentais para promover a compreensão e a atuação em prol do meio ambiente (Häder *et al.*, 2020).

A experimentação surge como uma ferramenta para auxiliar a aprendizagem, pois, ao transformar conceitos

abstratos em experiências concretas, facilita a compreensão e torna o aprendizado mais envolvente. Nesse contexto, a proposta deste artigo baseia-se em uma dissertação de mestrado (Franzi, 2019), e foi adaptada para uma abordagem de ensino de química ambiental, utilizando a eficiência de adsorção das algas *Sargassum filipendula* (também conhecida como sargaço ou alga

marrom) e *Kappaphycus alvarezii* (também conhecida como *Kappaphycus* ou alga vermelha) (Kang *et al.*, 2011; Costa *et al.*, 2020).

Essas algas, amplamente estudadas por suas propriedades bioacumulativas, possuem a capacidade de adsorver e acumular metais pesados em suas paredes celulares. Ao incorporá-las em um experimento prático, é possível demonstrar

O aumento da contaminação de efluentes é um problema ambiental global que impacta negativamente os ecossistemas aquáticos e a saúde pública. Por isso, é fundamental abordar essa questão no âmbito educacional, fornecendo informações concretas e experimentais para promover a compreensão e a atuação em prol do meio ambiente (Häder *et al.*, 2020).



princípios fundamentais da química e também discutir suas aplicações reais e implicações ambientais.

Além disso, essa abordagem oferece uma oportunidade para os estudantes desenvolverem habilidades práticas e reflexivas, ao mesmo tempo em que reforça o conteúdo teórico de forma integrada e contextualizada (Davis *et al.*, 2003; Lin *et al.*, 2019).

O experimento proposto facilita a compreensão dos fenômenos químicos, bem como sensibiliza os estudantes para a importância da preservação ambiental e do uso responsável dos recursos naturais. Ao realizar experimentos e analisar os resultados obtidos, pretende-se oferecer subsídios concretos e científicos sobre o tema aos estudantes, sendo um dos objetivos a formação de cidadãos mais conscientes e engajados na proteção do meio ambiente. Dessa forma, alinham-se os objetivos educacionais e sociais, promovendo uma aprendizagem significativa e auxiliando os alunos a enfrentarem os desafios do mundo moderno (Muslum, 2023).

Uma contextualização à problemática do ensino de química ambiental

O ensino de química no Ensino Médio está inserido em um contexto educacional que exige, cada vez mais, a integração entre teoria e prática, especialmente em temas de grande relevância social e ambiental. A química ambiental se destaca nesse cenário devido aos seus impactos diretos na saúde pública e no meio ambiente. Entretanto, esses tópicos são frequentemente considerados abstratos e de difícil assimilação pelos estudantes, o que pode levar à desmotivação e à falta de interesse nas aulas.

Historicamente, o ensino de química no Brasil e em muitos outros países seguiu uma abordagem tradicional, com foco na memorização de fórmulas e conceitos teóricos, muitas vezes desconectados da realidade dos alunos. Essa metodologia, embora eficaz para alguns aspectos do ensino, não responde adequadamente às demandas de um mundo em constante mudança, onde questões ambientais e tecnológicas se tornam cada vez mais prementes.

Os desafios impostos pela contaminação ambiental, como a presença de metais nocivos em corpos d'água, solos e até mesmo na atmosfera, exigem soluções inovadoras que estão além dos conhecimentos teóricos (Chen *et al.*, 2020).

Dentro desse contexto, a educação ambiental recebe destaque. Através dela, é possível não apenas construir conhecimento (Werneck, 2006), mas também formar cidadãos críticos e conscientes de seu papel na sociedade. A compreensão dos processos que envolvem as possíveis formas de mitigação desses impactos, como a biorremediação com algas, favorece que os estudantes desenvolvam uma visão integrada e responsável do uso dos recursos naturais. (Leong e Chang, 2020).

A utilização de algas para a remediação de efluentes contaminados é uma abordagem sustentável e ecológica e apresenta custo relativamente baixo em comparação com métodos tradicionais de tratamento, tornando-se uma solução promissora para o enfrentamento de desafios ambientais relacionados à poluição por metais pesados e radioativos.

As algas *Sargassum filipendula* e *Kappaphycus alvarezii* são exemplos de organismos que, devido à sua capacidade de bioacumulação, podem ser utilizados de forma eficaz na remoção de contaminantes de efluentes industriais. A escolha dessas espécies para o experimento prático proposto neste projeto não é arbitrária, mas fundamentada em estudos científicos que demonstram sua eficácia na remediação de ambientes contaminados (Costa *et al.*, 2020; Mahesh *et al.*, 2021).

Incorporar esse tipo de experimento ao currículo do Ensino Médio é uma estratégia pedagógica que visa tornar o aprendizado mais tangível e relevante. Ao lidar diretamente com a coleta, tratamento e análise de amostras contaminadas em um ambiente controlado, os estudantes aplicam conceitos teóricos aprendidos em sala de aula e também são levados a refletir sobre a importância dessas práticas na preservação do meio ambiente e na proteção da saúde pública (Higgins, 2020).

Em um mundo onde a sustentabilidade e a inovação são tão necessárias ao desenvolvimento, não apenas individual, mas também social, formar jovens capazes de entender e aplicar conceitos de química ambiental de forma prática e consciente é, sem dúvida, uma necessidade.

As algas *Sargassum filipendula* e *Kappaphycus alvarezii* possuem uma capacidade notável de adsorção, processo que ocorre principalmente devido à estrutura celular das algas, que contém diversos grupos funcionais, como carboxilas, sulfonatos e hidroxilas, capazes de se ligar a íons metálicos (Syamsuddin *et al.*, 2019; Costa *et al.*, 2020).

Essas algas atuam como bioadsorventes naturais, utilizando seus componentes celulares para capturar e concentrar os contaminantes presentes na água. A eficiência do processo de adsorção varia dependendo do tipo de metal, do pH do meio, da concentração inicial dos contaminantes e das características específicas da alga utilizada.

No caso de metais, como chumbo, cádmio e mercúrio, as algas podem formar ligações químicas fortes com esses íons, imobilizando-os e, assim, removendo-os da solução aquosa (Lin *et al.*, 2019; Tewari *et al.*, 2023).

Quando se trata de elementos radioativos, as algas também têm demonstrado capacidade significativa de adsorção, contribuindo para a remoção desses elementos altamente perigosos do ambiente aquático. Esse processo é particularmente importante em áreas onde a contaminação por radioisótopos representa um risco significativo para a saúde humana e para o ambiente, como, por exemplo, em locais de mineração de urânio (Chen *et al.*, 2021).

A utilização de algas para a remediação de efluentes contaminados é uma abordagem sustentável e ecológica e apresenta custo relativamente baixo em comparação com métodos tradicionais de tratamento, tornando-se uma solução promissora para o enfrentamento de desafios ambientais relacionados à poluição por metais pesados e radioativos.

Portanto, a aplicação da experimentação pode contribuir para facilitar o entendimento científico dos estudantes, bem como para o desenvolvimento de uma sociedade responsável e comprometida com a construção de um futuro mais sustentável.

Método adaptado ao experimento didático

A parte experimental deste estudo é fundamentada em uma dissertação de mestrado (Franzi, 2019), que comprova a eficácia das algas *Sargassum filipendula* e *Kappaphycus alvarezii* na adsorção de metais. Esses estudos demonstram que as algas possuem uma elevada capacidade de remoção desses contaminantes de soluções aquosas, sendo consideradas bioadsorventes naturais eficientes.

Para este experimento, utilizamos as algas *Sargassum filipendula* e *Kappaphycus alvarezii* devido à sua comprovada capacidade de adsorver metais pesados. A eficácia dessas algas é atribuída, respectivamente, ao alginato e fucoídano presentes na *Sargassum filipendula* e às carragenas e agaranas encontradas na parede celular da *Kappaphycus alvarezii*. Essas substâncias atuam como agentes bioativos no processo de adsorção, facilitando a captura e acúmulo dos metais nas estruturas celulares das algas (Putri, 2019).

O alginato e a fucoídano (Figura 1) são conhecidos por suas propriedades de ligação a metais pesados, formando complexos estáveis que são essencialmente sequestrados pela alga, reduzindo a concentração desses metais em solução. Da mesma forma, as carragenas (Figura 2), que são polissacarídeos sulfatados, têm alta afinidade por metais, contribuindo significativamente para sua remoção da solução.

As agaranas (Figura 2), por sua vez, desempenham um papel estrutural importante na parede celular das algas, o que reforça a capacidade de adsorção e aumenta a estabilidade dos complexos formados durante o processo de bioacumulação (Davis *et al.*, 2003; De Reviere, 2006; Volesky, 2007; Murphy *et al.*, 2009; Ferreira, 2011).

Essas propriedades tornam as algas *Sargassum filipendula* e *Kappaphycus alvarezii* particularmente eficazes na remoção de metais pesados de efluentes, oferecendo uma abordagem biotecnológica sustentável e eficiente para o tratamento de águas contaminadas.

No entanto, para a implementação do experimento no contexto do Ensino Médio, é necessário realizar adaptações devido às dificuldades práticas e à complexidade envolvida na aplicação de métodos analíticos avançados, que são caros e de difícil acesso. Assim, para tornar o experimento viável e seguro para os estudantes, propõe-se a utilização do sulfato de cobre (II) ou corante alimentício, substâncias que são mais acessíveis, seguros e fáceis de trabalhar no ambiente escolar.

O sulfato de cobre (II) pode ser utilizado uma vez que, em solução aquosa, libera íons Cu^{+2} , proporcionando uma experiência prática de adsorção de metais pesados pelas algas. O corante alimentício é empregado para demonstrar

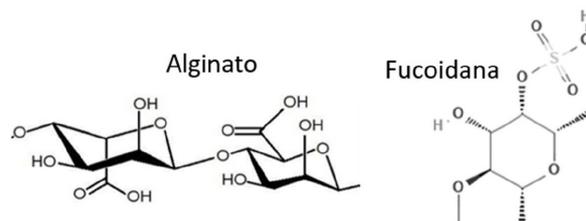
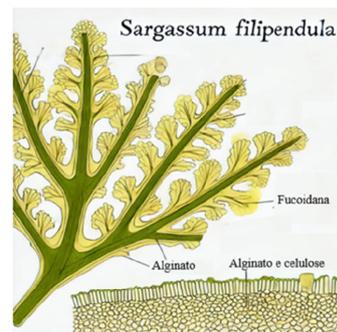


Figura 1. Representação da alga *Sargassum filipendula* (alginato e fucoídano). Fonte: autoria própria.

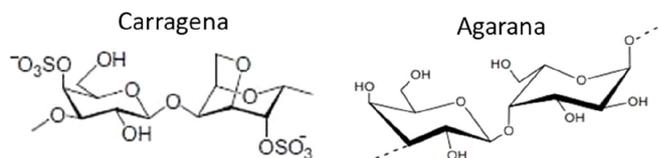
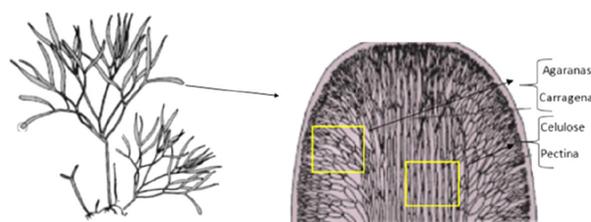


Figura 2. Representação da alga *Kappaphycus alvarezii* (carragena e agarana). Fonte: adaptado de De Reviere, 2006.

visualmente a eficiência do processo de adsorção, permitindo que os alunos observem a mudança de coloração da alga pela presença do corante na solução, o que facilita a compreensão dos mecanismos envolvidos.

Essa abordagem adaptada mantém a essência do experimento original, ao mesmo tempo que garante a segurança e a viabilidade de sua aplicação no Ensino Médio. O objetivo é oferecer uma experiência educativa prática e acessível, que permita aos estudantes compreenderem os princípios fundamentais da química ambiental e da remediação de contaminantes.

Objetivos do experimento

Demonstrar a capacidade das algas *Sargassum filipendula* e *Kappaphycus alvarezii* de adsorver contaminantes presentes em soluções aquosas, utilizando sulfato de cobre (II) e corante alimentício como substitutos para metais pesados e elementos radioativos. A montagem do experimento está esquematizada na Figura 3.

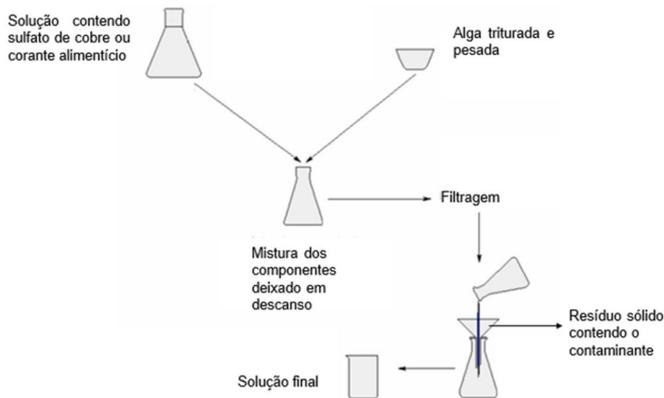


Figura 3: Esquema representativo do procedimento experimental. Fonte: autoria própria.

Materiais necessários

- Solução de sulfato de cobre (II) (0,1 mol/L).
- Amostras de algas *Sargassum filipendula* e *Kappaphycus alvarezii*. (podem ser encontradas ao longo da costa brasileira (podem ser identificadas visualmente, como apresentado na Figura 4a) ou compradas com as empresas Algas Brasil - <https://www.algasbrasil.com.br/>, algas Bras - <https://algasbras.com.br/> ou <https://algastech.com.br/> (valores médios de comercialização da biomassa *in natura* em 2024: de R\$ 2,80 até R\$ 15,00 por quilograma).
- Corante alimentício (cor vermelha ou azul).
- 6 béqueres de 100 mL (ou copos de vidro).
- 6 funis.
- Papel de filtro.
- Bastões de vidro para agitação (ou colheres descartáveis).
- Balança de precisão (ou balança doméstica).
- Água destilada (ou água filtrada).
- Pipetas graduadas (ou copo medidor).
- Cronômetro.
- Etiquetas para identificação.

Procedimento experimental

Preparo das algas:

- Lave as algas em água corrente.
- Lave 100g de cada alga em 1L de água, deixe em descanso por 24 horas.

Esse processo é necessário para abrir a parede celular da alga *Sargassum filipendula*, que apresenta em sua estrutura fibras de celulose, alginato, fosfolipídeos e fucoidana, responsáveis pela capacidade adsorvedora da alga. A *Kappaphycus alvarezii* possui carragenas e agaranas que são as estruturas responsáveis pela captação dos contaminantes.

- Seque as algas em uma temperatura entre 40°C e 60 °C (controle a temperatura utilizando o termômetro no forno).
- Depois das algas secas, podem ser trituradas ou utilizadas de forma íntegra. Caso opte por triturá-las, utilize almofariz e pistilo.
- Utilizando a balança, pese 2 amostras de 100 g de alga

seca de *Sargassum filipendula* e 2 amostras de 100 g de alga seca de *Kappaphycus alvarezii*.

- Coloque cada tipo de alga em dois béqueres separados e identifique-os com etiquetas.

Preparo das soluções:

- Prepare 100 mL de uma solução de sulfato de cobre (II) (0,1 mol/L) em um béquer, dissolvendo a quantidade necessária de sulfato de cobre (II) em água destilada.
- Prepare 100 mL de uma solução de corante alimentício (3 gotas de corante em 100 mL de água destilada) em outro béquer.
- Identifique os béqueres.

A Figura 4 ilustra o processo de preparação das algas e o preparo da solução de sulfato de cobre (II).

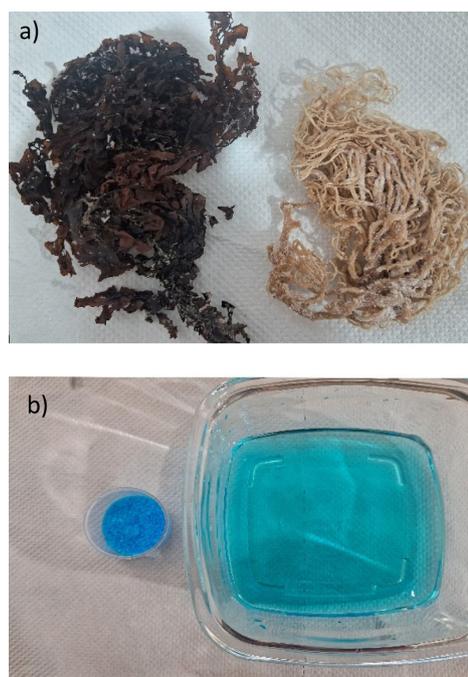


Figura 4: a) Algas utilizadas b) Solução de sulfato de cobre (II). Fonte: autoria própria.

Adsorção do sulfato de cobre (II):

- Adicione 100 mL da solução de sulfato de cobre (II) (CuSO_4) ao béquer contendo *Sargassum filipendula*. Agite suavemente com um bastão de vidro por 5 minutos e deixe em repouso por 30 minutos.
- Repita o procedimento com *Kappaphycus alvarezii* (Figura 5).

Na Figura 5a, nota-se uma coloração esbranquiçada da alga *Kappaphycus alvarezii*, enquanto na figura 5b é possível perceber que a alga ficou esverdeada. Com a alga *Sargassum filipendula* não foi possível perceber uma mudança de coloração brusca na alga.

Adsorção do corante alimentício:

- Adicione 100 mL da solução de corante alimentício ao

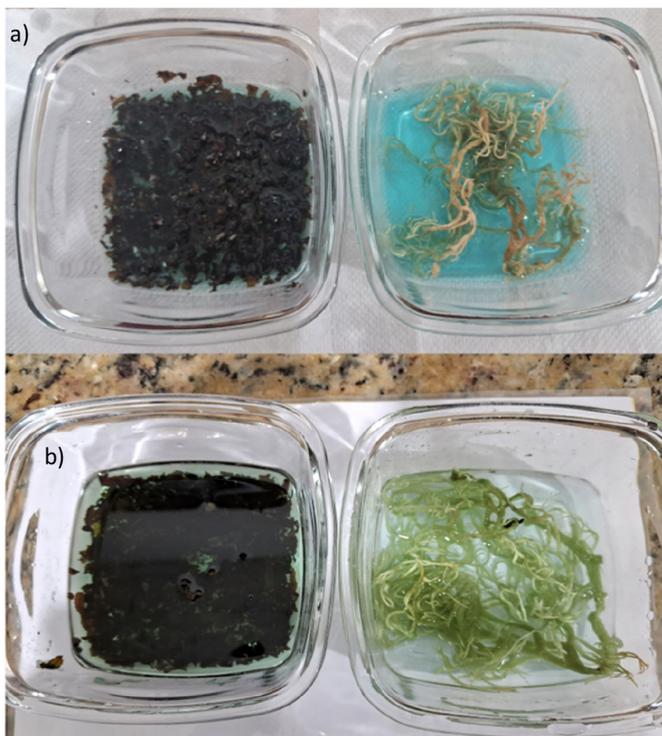


Figura 5: Algas *Sargassum filipendula* e *Kappaphycus alvarezii* em solução de sulfato de cobre (II) (CuSO_4). a) Início do experimento. b) Final do experimento. Fonte: autoria própria.

béquer contendo *Sargassum filipendula*. Agite suavemente com um bastão de vidro por 5 minutos e deixe em repouso por 30 minutos.

- Repita o procedimento com *Kappaphycus alvarezii*.
- Após o tempo de repouso, filtre cada solução utilizando um funil e papel de filtro, coletando o filtrado em novos béqueres.
- Compare visualmente a intensidade da cor das soluções filtradas com a cor original das soluções de sulfato de cobre (II) e corante alimentício.
- Observe e registre as mudanças (Figura 6).
- Quanto ao descarte dos materiais, pode-se pedir para que a escola entre em contato com empresa especializada em descarte de produtos químicos, a fim de garantir o tratamento adequado.

Na Figura 6a, nota-se uma coloração esbranquiçada da alga *Kappaphycus alvarezii*, enquanto na figura 6b é possível perceber que a alga ficou avermelhada. A alga *Sargassum filipendula* também apresentou uma alteração de coloração.

A alga *Kappaphycus alvarezii* demonstrou uma mudança de coloração mais significativa quando exposta às soluções de CuSO_4 (II) e corante alimentício vermelho (Figura 7).

A alga *Sargassum filipendula* apresentou mudança de coloração quando exposta a solução com corante alimentício vermelho (Figura 8).

Proposta de aplicação no Ensino Médio

Sugere-se que seja discutido com os alunos a eficiência



Figura 6: Algas *Sargassum filipendula* e *Kappaphycus alvarezii* em solução com corante alimentício. a) Início do experimento. b) Final do experimento. Fonte: autoria própria.

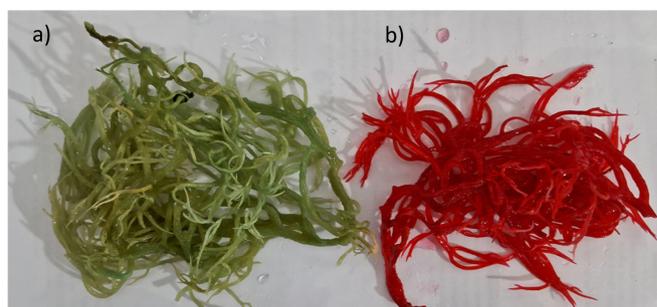


Figura 7: Alga *Kappaphycus alvarezii*. a) Alga previamente exposta a solução de CuSO_4 (II). b) Alga previamente exposta a solução de corante alimentício vermelho. Fonte: autoria própria.



Figura 8: Alga *Sargassum filipendula*. a) Alga previamente exposta à solução de CuSO_4 (II). b) Alga previamente exposta à solução de corante alimentício vermelho. Fonte: autoria própria.

das algas na remoção dos contaminantes, destacando a diferença na coloração das soluções antes e após a adsorção. Pode-se explicar que a adsorção de metais pesados pelas algas segue princípios semelhantes para as duas algas utilizadas no experimento.

Este experimento pode ser integrado ao currículo de química do Ensino Médio como parte de uma unidade sobre química ambiental e sustentabilidade. Os alunos podem ser incentivados a explorar a relação entre os conceitos teóricos estudados em sala de aula e as aplicações práticas observadas no experimento. Além disso, pode-se promover discussões sobre os impactos ambientais e a importância de tecnologias sustentáveis no tratamento de resíduos.

Na proposta de aplicação ao Ensino Médio, os conceitos abordados no experimento incluem:

Química Ambiental: introdução aos impactos de metais pesados e elementos radioativos no ambiente e nas cadeias alimentares.

Sustentabilidade: estudo de práticas para remediação ambiental e sua importância para o desenvolvimento sustentável.

Adsorção: conceito e mecanismo pelo qual as algas removem contaminantes da solução, relacionando-o com propriedades químicas como polaridade e estrutura molecular.

Soluções: conceitos de concentração, diluição e análise de soluções contaminadas.

As aplicações práticas observadas incluem:

- Demonstração de uma técnica de biorremediação utilizando macroalgas como materiais acessíveis e sustentáveis para a remoção de contaminantes.
- Relação entre teoria e prática por meio de um experimento que simula condições ambientais reais, permitindo aos alunos avaliar a eficiência de materiais naturais no tratamento de água.
- Reflexão sobre a relevância da química na resolução de problemas ambientais locais e globais.

A experiência prática proporcionada pelo experimento não reforça apenas o conteúdo teórico, mas estimula o interesse dos alunos pela ciência, promove o pensamento crítico e aumenta a conscientização sobre a importância da preservação ambiental. Essa correlação entre o experimento e os principais conteúdos de química na educação básica são fundamentais para a inserção do experimento no planejamento dos professores.

Considerações finais

A educação científica, especialmente em disciplinas como a química, desempenha um papel importante na formação de cidadãos capazes de compreender e enfrentar os desafios ambientais do mundo moderno. No entanto, a complexidade de temas como a química ambiental /muitas vezes representa uma barreira significativa no processo de ensino e aprendizagem. Para superar essa barreira, a integração de experimentos práticos no currículo escolar pode ser uma estratégia eficaz.

A proposta de utilização das algas *Sargassum filipendula* e *Kappaphycus alvarezii* para a remoção de metais pesados e elementos radioativos em efluentes oferece uma oportunidade para os alunos aplicarem conceitos teóricos em situações práticas. Além de promover o aprendizado ativo e a

experimentação científica, este tipo de atividade proporciona uma compreensão mais profunda dos processos químicos e de suas implicações ambientais.

Ao realizar este experimento, os estudantes observam a eficiência das algas na remoção de contaminantes e são levados a refletir sobre a importância da preservação ambiental e sobre o papel da ciência na busca por soluções sustentáveis. Esse tipo de abordagem educativa é fundamental para preparar os alunos para os desafios futuros, com o conhecimento e as habilidades necessárias para atuar em prol de um mundo mais sustentável.

Assim, a inclusão deste experimento no Ensino Médio enriquece o conteúdo programático de química e também incentiva os alunos a desenvolverem um olhar crítico sobre as questões ambientais, integrando o aprendizado científico ao contexto social e ambiental em que vivem.

Para saber mais

Como leitura complementar é sugerido o artigo “Biossorção de metais pesados: uma revisão” (Silva *et al.*, 2014). Esse artigo aborda os mecanismos de biossorção, tipos de biossorbentes e fatores que influenciam o processo, oferecendo uma visão abrangente do tema. Disponível em: <https://rsc.revistas.ufcg.edu.br/index.php/rsc/article/view/320/315>, acesso em mai. de 2025.

Isis Verona Nascimento da Silva Franzi (isisfranzi@gmail.com) é bacharel e licenciada em Química pela Faculdade Souza Marques, é mestre em Engenharia Nuclear pelo IME e doutora em Engenharia Nuclear pela UFRJ. **Kamila Lacerda da Silva** (kamilalacerda@ufrj.br) é bacharel e licenciada em Química pela Faculdade Souza Marques, é mestre e doutoranda em Química de Produtos Naturais pela UFRJ. **Anderson Gomes de Paula** (prof.agp@gmail.com) é bacharel em Engenharia Civil pela Universidade Geraldo Dibiase, mestre em Ensino de Ciências pelo IFRJ e doutor em Engenharia Nuclear pela UFRJ.

Referências

BORGES, A. e MIRANDA, M. The role of chemistry in environmental education: Learning and constructing knowledge through in high school, *Indonesian Journal of Educational Research and Review*, v. 5, n. 3, p. 460-468, 2022.

CHEN, M.; JERONEN, E. e WANG, A. What lies behind teaching and learning green chemistry to promote sustainability education? A literature review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 17, n. 21, p. 1-25, 2020.

CHENG, Y.; LI, F.; LIU, N.; LAN, T.; YANG, Y.; ZHANG, T.; LIAO, J. e QING, R. A novel freeze-dried natural microalga powder for highly efficient removal of uranium from wastewater. *Chemosphere*, v. 282, p. 1-9, 2021.

COSTA, C.; BERTAGNOLLI, C.; BOOS, A.; SILVA, M. e VIEIRA, M. Application of a dealginated seaweed derivative for the simultaneous metal ions removal from real and synthetic effluents. *Journal of Water Process Engineering*, v. 37, p. 1-11, 2020.

DAVIS, T. A.; VOLESKY, B. e MUCCI, A. A review of the biochemistry of heavy metal biosorption by brown algae. *Water research*, v. 37, n. 18, p. 4311-4330, 2003.

DE REVIERS, B. *Biologia e filogenia das algas*. Porto Alegre: Artmed, 2006.

FERREIRA, L. *Estrutura química e atividade antiviral de polissacarídeos sulfatados obtidos de algas do complexo Laurencia (Ceramiales, Rhodophyta)*. Tese de Doutorado em Bioquímica, Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná-UFPR, Curitiba-PR, 2011.

FRANZI, I. V. N. S. *Biossorção de urânio por macroalgas marinhas*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Nuclear, Instituto Militar de Engenharia-IME, Rio de Janeiro-RJ, 2019.

HÄDER, D.; BANASZAK, A.; VILLAFANE, V.; VILLAFANE, V.; NARVARTE, M.; GONZÁLEZ, R.; HELBLING, E. e HELBLING, E. Anthropogenic pollution of aquatic ecosystems: emerging problems with global implications. *The Science of the Total Environment*, v. 713, p. 1-10, 2020.

HIGGINS, P. An environmental forensic chemistry experiment involving abandoned mine drainage remediation. *Journal of Chemical Education*, v. 97, n. 4, p. 1083-1086, 2020.

JANSSON, S.; SÖDERSTRÖM, H.; ANDERSSON, P. e NORDING, M. Implementation of problem-based learning in environmental chemistry. *Journal of Chemical Education*, v. 92, n. 12, p. 2080-2086, 2015.

KANG, O.; RAMLI, N.; SAID, M.; AHMAD, M.; YASIR, S. e ARIFF, A. *Kappaphycus alvarezii* waste biomass: a potential biosorbent for chromium ions removal. *Journal of Environmental Sciences*, v. 23, n. 6, p. 918-922, 2011.

LEONG, Y. e CHANG, J. Bioremediation of heavy metals using microalgae: recent advances and mechanisms. *Bioresource Technology*, v. 303, p. 1-11, 2020.

LIN, Z.; LI, J.; LUAN, Y. e DAI, W. Application of algae for heavy metal adsorption: A 20 year meta-analysis. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 190, p. 1-11, 2020.

MAHESH, V.; JAYASANKAR, R. e MADHAVAN, A. Bioremediation of industrial effluent at source using aquatic macrophytes. *Journal of the Marine Biological Association of*

India, v. 62, n. 2, p. 63-71, 2020.

MURPHY, V.; HUGHES, H. e McLOUGHLIN, P. Enhancement strategies for Cu (II), Cr (III) and Cr (VI) remediation by a variety of seaweed species. *Journal of Hazardous Materials*, v. 166, n. 1, p. 318-326, 2009.

MUSLUM, R. Basics of sustainable development: the example of environmental education. In: *E3S web of conferences*, 2023, Baku, Azerbaijão. Anais. Baku: EDP Sciences, 2023.

PRESBITERIS, R. J. B. *Princípios de química ambiental*. Curitiba: Intersaberes, 2021.

PUTRI, L. The adsorption of heavy metals from industrial wastewater using sargassum crassifolium. *International Journal of GEOMATE*, v. 17, n. 59, p. 21-27, 2019.

SHEIKH, A. e SUBRAMANIAM, S. Challenges and teaching strategies of primary school environmental education, *International Journal for Multidisciplinary Research*, v. 5, n. 5, p. 1-16, 2023.

SILVA, J. L. B. C.; PEQUENO, O. T. B. L.; ROCHA, L. K. S.; ARAÚJO, E. C. O.; MACIEL, T. A. R.; BARROS, A. J. M. Biossorção de metais pesados: uma revisão. *Revista Saúde & Ciência (Campina Grande)*, v. 3, n. 3, p. 137-149, 2014.

SYAMSUDDIN, R.; BOHARI, R. e NA, A. Weight gain of seaweed *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Solierisaceae) and *Sargassum polycystum* (Paeophyta, Sargassaceae) mix cultured at different planting distances. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*, v. 6, n. 1, p. 212-217, 2019.

TEWARI, A.; BHUTADA, D. e WADGAONKAR, V. Heavy metal remediation from water/wastewater using bioadsorbents - a review. *Nature Environment and Pollution Technology*, v. 22, n. 4, p. 2039-2053, 2023.

VOLESKY, B. Biosorption and me. *Water Research*, v. 41, n. 18, p. 4017-4029, 2007.

WERNECK, V. R. Sobre o processo de construção do conhecimento: o papel do ensino e da pesquisa. *Ensaio: avaliação e políticas públicas em educação*, v. 14, n. 51, p. 173-196, 2006.

Abstract: *Exploring the removal of heavy metals using marine algae: a didactic approach with Sargassum filipendula and Kappaphycus alvarezii.* This article presents a practical approach to teaching environmental chemistry in high school, utilizing the algae *Sargassum filipendula* and *Kappaphycus alvarezii*. The study highlights these algae's ability to remove heavy metals from effluents, addressing a relevant environmental issue. The methodology aims to provide students with an accessible hands-on experience using common materials, making learning more engaging and connected to sustainability. The proposed experiment has the potential to help students understand the impact of human activities on the environment, fostering awareness of sustainable practices. The integration of theory and practice is emphasized to consolidate knowledge and develop essential skills for scientific thinking, aligning with the goals of an education that prepares students for future environmental and technological challenges.

Keywords: experimental activity, macroalgae, adsorption.