

Uso da experimentação no aprendizado dos alunos de ensino médio sobre fenômenos de adsorção e oxirredução

Use of experimentation in high school students' learning about adsorption and redox phenomena

Vivian Chagas da Silveira
Sonia Regina Silva
Juliano Cesar Almeida Rossini Junior

Resumo: O ensino de química por meio da investigação é uma das maneiras de promover um aprendizado mais eficaz e engajador. O Programa de Iniciação Científica Júnior (PIC-Jr) permite a aplicação do ensino através do desenvolvimento de projetos. Nessa proposta, os alunos, com idades entre 16 e 17 anos do ensino médio da rede estadual de ensino, precisaram de conhecimentos sobre metais pesados e a técnica de adsorção com o uso de materiais provenientes de recursos materiais como a casca de café e bagaço da cana-de-açúcar. Para isso, foi realizado o experimento de limpeza de moedas de cobre usando solução de ácido cítrico extraído do suco de limão. Através deste experimento foi possível introduzir conceitos essenciais da química como estequiometria, equilíbrio, cinética e tipos de reações químicas. Além disso, foi compreendido pelos alunos que o ácido cítrico, presente no limão, não é apenas importante pela sua ação oxidante, mas também pelo seu uso em outros experimentos como a limpeza de moedas por ser um agente quelante. Através das atividades realizadas, os alunos desenvolveram diversas habilidades como trabalho em equipe, leitura, questionamento e domínio de algumas técnicas rotineiras de laboratório de Química, resultando em um avanço do conhecimento dos alunos do ensino médio que participaram do projeto.

Palavras-chave: ácido cítrico; limpeza de moedas; cobre; ensino de química.

Abstract: The teaching of chemistry through inquiry is one way to promote more effective and engaging learning. The Programa de Iniciação Científica Júnior (PIC-Jr) allows for teaching application through project development. In this proposal, students, aged between 16 and 17 years of high school in the state education network, needed knowledge about heavy metals and the adsorption technique using materials derived from material resources such as coffee husks and sugarcane bagasse. For this purpose, the experiment of cleaning copper coins using a solution of citric acid extracted from lemon juice was carried out. Through this experiment, it was possible to introduce essential chemistry concepts such as stoichiometry, equilibrium, kinetics, and types of chemical reactions. Additionally, students understood that citric acid, present in lemon, is not only important for its antioxidant action but can also be used in other experiments such as coin cleaning because it is a chelating agent. Through the activities carried out, students developed various skills such as teamwork, reading, questioning, and mastery of some routine laboratory techniques in Chemistry, resulting in an advancement of knowledge for the high school students who participated in the project.

Keywords: citric acid; coin cleaning; copper; chemistry education.



Introdução

O cenário educacional contemporâneo tem sido palco de uma transformação sem precedentes, impulsionada pela evolução tecnológica e pela necessidade de preparar os alunos para os desafios do século XXI. Nesse contexto, a adoção de novas metodologias de ensino tem emergido como uma necessidade premente, oferecendo oportunidades significativas de melhorar a qualidade da educação e promover um aprendizado mais eficaz e engajador (Meroto *et al.*, 2024).

Uma das principais razões para a importância das novas metodologias é a diversidade de aprendizes. Em salas de aula cada vez mais heterogêneas, com alunos com diferentes estilos de aprendizagem, habilidades e necessidades, abordagens tradicionais de ensino podem se mostrar limitadas (Gardner, 2006). Métodos inovadores, como a aprendizagem baseada em projetos, a gamificação e a educação personalizada, permitem uma adaptação mais eficaz aos diversos perfis de estudantes, promovendo a inclusão e o sucesso acadêmico para todos (Almeida, 2018).

Esse debate sobre as metodologias ativas na educação não é algo novo, sendo no século XVIII os seus primeiros indícios. Porém, é a partir do movimento da Escola Nova, final do século XIX e início do século XX (Diesel *et al.*, 2020) que essa temática é discutida com mais vigor, na tentativa de superar as metodologias tradicionais de educação, colocando o aluno no centro do processo de ensino e aprendizagem.

Além disso, as novas metodologias de ensino estão alinhadas com as demandas do mercado de trabalho contemporâneo. À medida que a economia global se torna cada vez mais baseada no conhecimento e na criatividade, habilidades como pensamento crítico, resolução de problemas, colaboração e comunicação tornam-se essenciais. Métodos como a sala de aula invertida, o ensino por descoberta e a aprendizagem colaborativa são projetados para desenvolver essas competências, preparando os alunos não apenas para o sucesso acadêmico, mas também para a vida profissional (Nascimento; Mansur, 2022).



O ensino de química por meio da investigação também pode ser aplicado no ambiente escolar, onde projetos são concebidos (como estratégias para a construção do conhecimento. Planejar estratégias de pesquisa que evitem a compartimentalização das disciplinas e ao mesmo tempo as integrem a realidade de cada aluno pode ser uma tarefa difícil. O ensino de Química tem sido objetivo de estudo de muitos pesquisadores devido ao fato dos alunos apresentarem grande rejeição a aprendizagem dessa disciplina na educação básica. Lima (2016) diz que, a forma como o ensino vem sendo ministrado na educação básica tem sido ineficaz aos alunos, pela falta de contextualização e a de investigação que a disciplina impõe, deixando-a conteudista, desmotivadora e desvinculada do cotidiano dos alunos, diminuindo assim a falta de interesse à aprendizagem dos conteúdos químicos.

O Governo de Luiz Inácio Lula da Silva (2003–2010) com a política pública de aproximação entre educação superior e a escola básica criou em 2003 um Programa de Iniciação Científica Júnior (PIC-Jr) que, em parceria com as Fundações Estaduais de Amparo à Pesquisa (FAPs), passou a conceder bolsas pelo programa IC-Jr aos estudantes do Ensino Médio (EM) e Ensino Fundamental (EF) da rede pública de ensino, para que participem de projetos de pesquisa desenvolvidos pelas Faculdades/Universidades.(Oliveira; Bianchetti, 2018).

O PIC-Jr constitui uma possibilidade de aplicação do ensino de Química por meio do uso da investigação, porém com algumas adaptações, pois ao submeter a proposta ao órgão de fomento as etapas do trabalho são todas delineadas, as funções dos participantes estabelecidas, assim como, o cronograma e o orçamento proposto. Contudo, essa estratégia de abordagem é diferenciada daquilo que se costuma aplicar no ensino médio, onde o ensino e aprendizagem são desenvolvidos somente dentro do ambiente escolar. Além disso, não é fazer dos alunos futuros cientistas, mas sim, formar indivíduos que tenham um olhar crítico sobre os fatos ao seu redor.

Nos últimos anos, as discussões sobre os problemas que afetam o meio ambiente têm ganhado destaque devido à crescente atenção à preservação do meio ambiente, motivada pela deterioração da natureza e esgotamento dos



recursos naturais. Pensando nisso e nos objetivos do Edital FAPES nº 22/2022 - Programa de Iniciação Científica Júnior do Espírito Santo – Pesquisador do Futuro (PICJr 2023), nosso grupo submeteu o projeto de ensino intitulado: **“Adsorção de Metais Pesados em Resíduos Agroindustriais Modificados com Ácido Cítrico”** que foi aprovado pelo Comitê da FAPES.

Os resíduos agroindustriais apresentam como um de seus principais constituintes a celulose, que possui um número limitado de grupos hidroxilas livres para a ligação de íons metálicos (Šoštarić *et al.*, 2018). Desta forma, os pré-tratamentos químicos desempenham um papel importante, aumentando a capacidade de adsorção da biomassa, modificando sua superfície ao remover/inativar grupos funcionais ou mesmo expondo mais locais para a ocorrência de ligações metálicas (Nadeem *et al.*, 2014). A incorporação de moléculas que contém centros básicos, principalmente enxofre, nitrogênio e oxigênio, na superfície da celulose, eleva a sua capacidade de remoção de contaminantes no meio aquoso (Da Silva *et al.*, 2013). Neste sentido, Cerino-Córdova *et al.*, (2013) realizaram estudos de adsorção utilizando borra de café e constataram que o tratamento com ácido cítrico aumentou a capacidade adsorptiva na remoção do Pb(II) e Cd(II) em 3,2 e 8,1 vezes, respectivamente, quando comparada com o adsorvente sem nenhum tratamento. Confirmando a teoria de melhora da capacidade de adsorção de adsorventes lignocelulósicos quando modificados com ácido cítrico. A modificação química com ácido cítrico em serragens da madeira Paraju (*Manilkara longifolia*), com o objetivo de introduzir grupos carboxilato em sua estrutura, é responsável por um aumento significativo da capacidade da madeira em adsorver metais (Rodrigues *et al.*, 2006). O ácido cítrico é encontrado naturalmente concentrado em frutas cítricas, especialmente laranja, limão e lima. É o que lhes dá o sabor azedo como a maioria dos ácidos orgânicos, o ácido cítrico é um ácido fraco, com um nível de pH entre 3 e 6. O composto inodoro e incolor foi produzido a partir do suco de limão até o início de 1900, quando os pesquisadores descobriram que também poderia ser feito a partir do bolor negro, *Aspergillus niger*, que cria ácido cítrico quando se alimenta de açúcar (que produz ácido cítrico a partir do consumo de diferentes fontes de carbono). O ácido cítrico liga-se facilmente



aos minerais e metais, esse processo é chamado de quelação. Certos minerais quando ingeridos com ácido cítrico, são mais facilmente digeridos pelo organismo uma vez que os minerais “estão” quelados.

O objetivo deste projeto foi além de informar e ensinar os alunos participantes do projeto sobre metais pesados e a técnica de adsorção com o uso de materiais provenientes de recursos materiais como o casca de café e bagaço da cana-de-açúcar, também de usar metodologias de ensino para que promova a interdisciplinaridade entre o ensino de química, a adsorção de metais e a conscientização ambiental. O procedimento experimental altamente interativo estimula uma postura mais investigativa na percepção do mundo real dos estudantes. A essencialidade de demonstração já é um fato estabelecido e prática corrente em disciplinas nas quais a experimentação, mais do que ferramenta de ilustração, é parte integrante do aprendizado. Essa relevância tem maior destaque quando se consideram situações autênticas de escolas, nas quais inexistem condições de infraestrutura básica para a proposição de experimentos de laboratório. Mais crucial do que a fixação de conceitos, o estímulo ao questionamento contribui de forma significativa para que o estudante adote uma postura investigativa na percepção do mundo autêntico.

Dentre várias etapas desse projeto, optou-se pela limpeza de materiais metálicos utilizando ácido cítrico a partir do limão, pois dois aspectos próximos da realidade do aluno puderam ser trabalhados:

I) A comprovação da existência do ácido cítrico no limão, sendo que nesse contexto diversos assuntos podem ser desenvolvidos (trabalhados), como reações químicas, cálculos estequiométricos, técnicas de separação de misturas, entre outros;

II) A limpeza de moedas de cobre permite, portanto, que sejam discutidos conceitos como os de equilíbrios químicos, dissolução de sólidos, reações de diversos tipos (oxirredução, complexação, desproporcionamento), além de cinética química ao explorar a taxa de reação com que o metal é limpo em diferentes temperaturas.

A experiência aqui relatada foi fruto da colaboração entre uma escola de ensino de médio da rede estadual da cidade de São Mateus/ES de onde



participaram alunos entre 16 e 17 anos de idade da 1ª e 2ª séries e o Centro Universitário Norte do Espírito Santo – CEUNES.

Metodologia

Este projeto foi desenvolvido pelo Centro Universitário Norte do Espírito Santo e com a parceria de uma escola estadual da cidade de São Mateus, contando com algumas etapas. No primeiro momento foi realizada uma conversa introdutória de caráter investigativo, buscando saber os conhecimentos prévios dos alunos quanto aos problemas ambientais, sobre metais e suas relações, porém sem expor o conteúdo de forma imediata.

No segundo momento foram realizadas as aulas de alinhamento, que consistiu em aulas expositivas, sobre conhecimentos básicos de Química, abordando tópicos que deveriam ser conhecidos para o planejamento e execução do projeto. Iniciou-se com a definição dos metais e como eles são correlacionados ao ensino de química, como tabela periódica, ligações químicas, reações químicas, estequiometria, cálculo de concentrações, separação de misturas e forças intermoleculares, bem como técnicas de ensino e oratória.

Em seguida abordou-se o que fazer com esses metais em seu uso industrial e laboratorial e como o descarte incorreto acarreta problemas ambientais graves e até mesmo doenças e acúmulo nos organismos vivos. A partir desse ponto, adentrou-se nas técnicas de remoção de metais pesados e necessariamente no processo de adsorção, bem como em todos os procedimentos. Tudo isso paralelamente a inserção do pensamento crítico, por meio de pesquisas realizadas pelos próprios alunos, seguidas de explicação para os demais e possíveis soluções, apontamentos de melhorias ou mesmo mudança quanto ao cenário apresentado. No final das aulas teóricas os alunos realizaram exercícios propostos para fixação e avaliação dos assuntos trabalhados. As aulas teóricas foram acompanhadas de aulas práticas realizadas no laboratório de Química Geral e Inorgânica do Departamento de Ciências Naturais do CEUNES, onde foram executados os seguintes experimentos: técnicas de pesagem, medição de volume, temperatura,



condutividade elétrica e preparo de soluções. Nas aulas práticas também se realizou a comparação dos metais, por cor e características, bem como o preparo das soluções.

Para a etapa de extração do ácido cítrico a partir do limão, primeiramente extraiu-se o suco de 10 limões Tahiti (*Citrus latifolia*), que após foi filtrado inicialmente em gaze e o suco obtido foi submetido a aquecimento em banho-maria a 60°C, conforme procedimento descrito por Scopel, E. e colaboradores, 2017.

Para a etapa da limpeza das moedas de cobre, primeiramente retirou-se gordura e outros tipos de sujeira das moedas como, por exemplo, resíduos de cola com papel toalha umedecido em álcool (Faria et al., 2016). Após a limpeza com etanol, cada moeda foi colocada em diferentes frascos. Uma das moedas remanescentes que será usada como referência deve ser preservada e as outras foram colocadas em frascos contendo ácido cítrico 2 mol/L, HCl 1 mol/L e outro com HCl 2 mol/L por 20 minutos. Após registrar o efeito causado pelos diversos tipos de tratamento, as moedas foram lavadas com água e secas com papel toalha.

Resultados e discussões

Os alunos participaram de todas as etapas do projeto, aulas de alinhamento, práticas laboratoriais, apresentações de trabalhos e dinâmicas em grupo.

Através da resolução dos exercícios propostos foi possível verificar e avaliar o processo de ensino e aprendizagem dos conceitos trabalhados nas aulas de nivelamento, como meio de redirecionar possíveis abordagens utilizadas. Houve interesse por parte dos alunos na execução das tarefas já que todos os assuntos abordados estavam relacionados com o projeto em questão. Conforme destacado por Ferreira e Silva (2021), a contextualização dos conteúdos é essencial no ensino de Química, pois permite uma melhor compreensão por parte dos alunos sobre os temas abordados. Através da conexão entre os conceitos químicos e as experiências cotidianas dos alunos, a assimilação de novos conhecimentos torna-se significativamente mais eficaz.



No início do projeto, os alunos tinham conhecimento muito básico sobre a definição dos metais e suas propriedades. Após o término do projeto observou-se uma grande evolução do conhecimento, além de definir e identificar os metais, os alunos também aprenderam algumas de suas propriedades físicas e químicas, formas de contaminação, malefícios e benefícios que a presença dos metais pode causar na natureza e no corpo. Além disso, os alunos demonstraram compreender a técnica de adsorção de metais e souberam explicar sobre todos os procedimentos empregados durante o projeto. Esse fato pode ser explicado pois o experimento didático estimula o caráter investigativo permitindo que os alunos manipulem objetos e ideias, favorecendo a compreensão das relações conceituais da disciplina. Pesquisas mostram que os estudantes desenvolvem melhor sua compreensão conceitual e aprendem mais acerca da natureza das ciências quando participam em investigações científicas, em que haja suficiente oportunidade e apoio para reflexão. Monteiro *et al* (2022) mostrou que os alunos conseguiram adquirir conhecimento dos fenômenos de óxido-redução através de experimentos com o escurecimento das bananas. Queiroga e Barbalho (2021) buscou contextualizar, o tratamento de resíduos contendo cobre, produzidos em laboratório, com o ensino do conteúdo de reações químicas e soluções com o objetivo de produzir o conhecimento e o aprendizado com mais significado para os alunos.

Na atividade de elaboração e apresentação do seminário, os alunos aprenderam a utilizar os recursos tecnológicos para realizar a montagem dos slides. Essa tarefa também contribuiu para o desenvolvimento da habilidade de falar em público e rompimento da timidez. O resultado obtido nessas atividades expositivas foi satisfatório pois os alunos aprenderam a se comunicar melhor e conseguiriam transmitir o conhecimento para os demais colegas da turma sobre os procedimentos empregados durante o projeto, de modo que gerou questionamentos, debates e compartilhamento de informações entre os alunos que apresentaram o seminário e o restante do grupo. Os alunos do projeto apresentaram aos demais colegas de sua turma, de forma clara, dinâmica e muito ilustrativa todo o projeto que participaram, desde conceitos importantes



de química, as práticas laboratoriais que vivenciaram no CEUNES, e os resultados alcançados com o projeto, mostrando fatos que eles mesmo presenciaram e executaram, ilustrações e vídeos adequados e efetivos na aprendizagem dos demais.

No estudo de Fagundes e Sepel (2022), foi constatado um comportamento semelhante, em que os alunos realizaram apresentações de seminários, e a utilização de ilustrações nos slides, juntamente com exemplos do cotidiano, demonstrou facilitar a compreensão dos conceitos químicos abordados. Além disso, observou-se a participação ativa dos alunos espectadores, que expuseram dúvidas e contribuíram com ideias complementares.

Após a realização das primeiras etapas, os alunos iniciaram as atividades experimentais do projeto realizando a limpeza das moedas de cobre com ácido cítrico extraídos do suco de limões. A limpeza de moedas de cobre quando expostas às soluções ácidas ocorre devido à solubilização de pequena quantidade do óxido de cobre (II) presente na superfície por meio de diferentes tipos de reações. A Figura 1 mostra o aspecto das moedas após o tratamento com soluções ácido cítrico 2mol/L, HCl 2 mol/L e 1 mol/L após 20 minutos de exposição.

Figura 1: Aspecto das moedas após o tratamento com ácido cítrico 2 mol/L, ácido clorídrico 2 mol/L e ácido clorídrico 1 mol/L

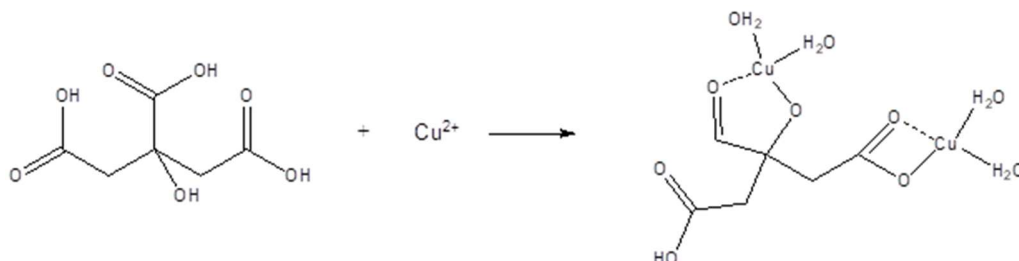


Fonte: Próprios autores

Em geral, as soluções ácidas solubilizam parte do óxido de cobre (CuO) da superfície sendo removido da moeda, restabelecendo o brilho característico do cobre, conforme reação a seguir (1):



A reação da superfície da moeda com o ácido cítrico é um pouco diferente, pois além das características ácidas, o ácido cítrico possui centro quelante e por isso forma complexos com os íons cobre II, conforme reação (2):



134

A partir dos resultados observados, foi proposto uma série de questionamentos para promover nos estudantes uma postura investigativa e conseqüentemente proporcionar debates sobre o assunto entre eles. Entre os questionamentos propostos podemos citar alguns exemplos:

- a) por que foi utilizado o suco de limão?
- b) descrever e equacionar as reações que ocorreram.
- c) qual a diferença entre os dois ácidos utilizados.
- d) porque o ácido cítrico, sendo um ácido fraco, conseguiu limpar a moeda de cobre?

Os estudantes de química demonstraram muito envolvimento, cooperação e motivação na realização das atividades (Figura 2). O fato de estar em um ambiente diferente e com equipamentos, vidrarias e objetos incomuns para os alunos despertou a curiosidade e a motivação em aprender, e principalmente por terem a oportunidade de conhecer a estrutura da Universidade, suas dependências e os laboratórios de ensino.

Figura 2: Alunos realizando a obtenção do ácido cítrico no laboratório do Ceunes/UFES



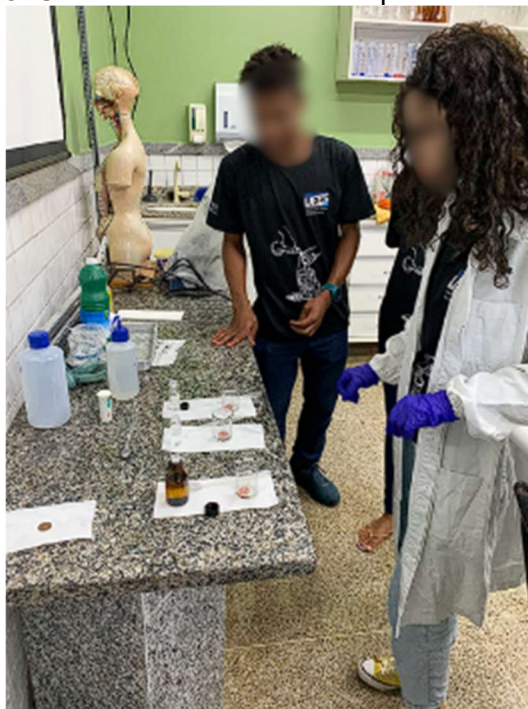
Fonte: Próprios autores

Segundo Stumpenhorst (2018), é importante que para que o aluno não tenha a Química como uma disciplina chata, o professor deve utilizar mecanismos mais favoráveis (é importante para que aluno não ache a Química desinteressante e desmotivante que o professor utilize mecanismos de aprendizagem que sejam mais contextualizados com a realidade do estudante e que despertem seu interesse, de modo que se sintam mais motivados a estudar a mesma). Além disso, como observado por Gouveia (2020), a apresentação de problemas desafia os alunos a exercitar seu raciocínio, permitindo-lhes expressar livremente seus pensamentos, raciocínios e argumentações.

Apesar de os estudantes não saberem explicar quais eram as substâncias envolvidas na reação, havia a compreensão de que o processo da limpeza das moedas resultava de uma reação de caráter de oxirredução, conforme Figura 3. Além disso, os alunos compreenderam que o ácido cítrico, além de suas propriedades antioxidantes, apresenta habilidade em adsorver metais. E que embora sendo um ácido fraco, pode ser utilizado em outros experimentos como a limpeza de moedas sequestrando os íons cobre (II)

formando complexos devido à presença de um sítio quelante. Com isso, os alunos entenderam o objetivo geral do projeto, que foi modificar a superfície dos adsorventes naturais como a casca de café e o bagaço da cana-de-açúcar com o ácido cítrico.

Figura 3: Uso do ácido cítrico na limpeza de moedas _.



Fonte: Próprio autor

Considerações finais

No desenvolvimento de todas as atividades propostas foi observado que o processo de ensino-aprendizagem ocorreu de forma prazerosa e divertida. Durante a apresentação dos trabalhos, foi possível verificar o nível de entusiasmo dos alunos, o quanto participaram e fizeram questionamentos, a satisfação por estarem aprendendo e o interesse em fazer parte de uma iniciação científica.

No que se refere à etapa de alinhamento, percebeu-se que os alunos envolvidos apresentaram elevada compreensão e domínio sobre os tópicos teóricos abordados. Durante os procedimentos laboratoriais foram _ trabalhados os seguintes objetos de conhecimento da Química: reações

químicas, técnicas de separação de misturas e cálculos estequiométricos com os alunos.

Um dos principais objetivos dos experimentos apresentados foi estimular o questionamento de conceitos de química através da experimentação, permitindo que os alunos encontrassem respostas para suas perguntas. Através da experimentação, foi compreendido pelos alunos que o ácido cítrico, presente no limão, não é apenas importante pela sua ação antioxidante e pode ser utilizado em outros experimentos como a limpeza das moedas por ser um agente quelante.

Desta maneira, pode-se constatar a eficiência da dinâmica empregada tendo em vista o alcance dos objetivos propostos, ou seja, o aprendizado e o interesse dos alunos. A execução do projeto teve um efeito positivo no progresso educacional dos participantes, proporcionando aprendizados sobre consciência ambiental que podem ser utilizados em sua localidade.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro da FAPES, CEUNES - UFES.

Referências

ALMEIDA, M. E. B. de. Apresentação. In L. Bacich & J. Moran (orgs.), **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**, 1 ed, Editora Penso, Porto Alegre, 2018.

DA SILVA, K. M. D., REZENDE, L. C. S. H., BERGAMASCO, R, DA SILVA, C. A., GONÇALVES, D. S. Caracterização físico - química da fibra de coco verde para a adsorção de metais pesados em efluente de indústria de tintas. **Engvista**, Niterói, v. 15, n. 1, p. 43-50, 2013

DIESEL, A., ARAUJO, A.; SILVA, J. **A Escola Nova no Brasil: história, fundamentos e práticas pedagógicas**. Editora Penso, Porto Alegre, 2020.

FARIA, D. L. A.; BERNARDINO, N. D.; SETUBAL, S. R. M.; NOVAIS, V, CONSTANTINO, V. R. L. Limpando Moedas de Cobre: Um Laboratório Químico na Cozinha de Casa. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 38, n. 1, p. 20-24, 2016.

FAGUNDES, L. S.; SEPEL, L. M. N. Aplicação de seminário com avaliação por pares: uma proposta de metodologia ativa no ensino de ciências anos finais.



Research, Society and Development, Vargem Grande Paulista, v. 11, n. 2, p. e39311225478, 2022.

FERREIRA, M. M.; SILVA, A. A. A importância da contextualização no ensino de Química para o desenvolvimento de habilidades científicas. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, São Paulo, 12(3), 45-58, 2021.

GARDNER, H. **Multiple Intelligences: New Horizons in Theory and Practice**. 1ed, New York: Basic Books, 2006.

138

GOUVEIA, F. C. **Aprendizagem baseada em problemas no ensino de química: a poluição do ar sob a perspectiva de Ciência, Tecnologia e Sociedade**. 2020. 117 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado Profissional em Projetos Educacionais de Ciências) - Universidade de São Paulo, Lorena, 2020.

LIMA, L. M. N. **Atividades investigativas arrimadas à aprendizagem cooperativa na aplicação do conhecimento relativo à eletroquímica**. 2016. 51 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Programa de Pós-Graduação do Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

MEROTO, M. B. N., GUIMARÃES, C. D., DE OLIVEIRA, E. R., DE BONA, M., BATISTA, M. C., TAVARES, P.R., LIMA, V. V., GUSMÃO, Y. A. O enigma do ensino híbrido: metodologias ativas e a educação pública em transformação. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, São José dos Pinhais, v.17, n.2, p. 01-17, 2024

MONTEIRO, E. L., LIBÓRIO, R. M., TEIXEIRA, Y. B. S., NASCIMENTO, M. S., Ensino por Investigação em aulas de Química: Construindo a argumentação através da problemática “Por que as bananas escurecem?” **Revista Insignare Scientia**, Cerro Largo, v.5, n.1, p.506-524, 2022.

NADEEM, R.; ZAFAR, M. N.; AFZAL, A.; HANIF, M. A.; SAEED, R. Potential of NaOH pretreated Mangifera indica waste biomass for the mitigation of Ni(II) and Co(II) from aqueous solutions. **Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers**, Taiwan, v.45, p. 967–972, 2014.

NASCIMENTO, A. C. R. B. , MANSUR, A. F. U. M. Unidade didática baseada em metodologias ativas para aprendizagem da língua espanhola no ensino médio integrado. **Fórum Linguístico**, Florianópolis, v. 19, n. 2, p. 7992-8007, 2022.

OLIVEIRA, A, BIANCHETTI L. Iniciação Científica Júnior: desafios à materialização de um círculo virtuoso. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, Rio de Janeiro, v.26, n. 98, p. 133-162, 2018.

QUEIROGA, F. R., BARBALHO, C. G. S. Contextualização do tratamento de resíduos contendo cobre no ensino de Química: uma abordagem para



promover aprendizado significativo. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Curitiba, v. 14, n. 3, p. 215-230, 2021.

RODRIGUES, R. F.; TREVENZOLI, R. L.; SANTOS, L. R. G.; LEÃO, V. A.; BOTARO, V. R. Adsorção de metais pesados em serragem de madeira tratada com ácido cítrico. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v.11 (1), p. 21-26, 2006.

SCOPEL, E.; CONTI, P. P.; DALMASCHIO, C. J.; DA SILVEIRA, V. C. Extração de Ácido Cítrico do Limão e sua Utilização para a Remoção da Dureza da Água: Um Método Alternativo para Aulas de Química. **Revista Virtual de Química**, Niterói, v. 9 (3), p. 912-923, 2017.

ŠOŠTARIĆ, T. D.; PETROVIĆ, M. S.; PASTOR, F. T.; LONČAREVIĆ, D. R.; PETROVIĆ, J. T.; MILOJKOVIĆ, J. V.; STOJANOVIĆ, M. D. Study of heavy metals biosorption on native and alkali-treated apricot shells and its application in wastewater treatment. **Journal of Molecular Liquids**, Amsterdam, v. 259, p. 340–349, 2018.

STUMPENHORST, J. **A nova revolução do professor–práticas pedagógicas para uma geração de alunos**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2018.

Sobre os autores

Vivian Chagas da Silveira

vivian.silveira@ufes.br

Graduada em Química Bacharelado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2000), mestrado em Biologia Celular e Molecular pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2003) e doutorado em Química (Química Inorgânica) pela Universidade de São Paulo (2009). Tem experiência na área de Química, com ênfase em química bioinorgânica, atuando principalmente nos seguintes temas: síntese e caracterização de compostos de coordenação; processos oxidativos em biomoléculas, adsorção de metais.

Sonia Regina Silva

profa.soniaregina@gmail.com

Graduada em Engenharia Química (Faculdades Oswaldo Cruz), mestre e doutora em Biotecnologia pela Universidade de São Paulo (2003-2008), trabalhou no desenvolvimento de polímeros biodegradáveis nas seguintes áreas: microbiologia aplicada, fermentação industrial e biologia molecular. Trabalha há mais de 15 anos como professora no ensino superior. Atualmente, desenvolve pesquisas de reaproveitamento de resíduos do coco verde com alunos universitários. Também se formou em Licenciatura em Química (2020) e leciona há 2 anos no ensino médio e técnico das escolas estaduais do Espírito Santo.

Juliano Cesar Almeida Rossini Junior

juliano.rossini@edu.ufes.br



Graduando em Engenharia Química pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Foi bolsista nos Projetos Especiais de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão I, como monitor teórico e experimental da disciplina de química orgânica, no período de maio de 2022 à março de 2023. Foi bolsista no Programa de Iniciação Científica Júnior do Espírito Santo Pesquisador do Futuro, no período de abril de 2023 à janeiro de 2024.

