

EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE A FORMAÇÃO DA FERRUGEM



EXPERIMENTATION IN CHEMISTRY TEACHING: A TEACHING SEQUENCE ON RUST FORMATION

EXPERIMENTACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE QUÍMICA: UNA SECUENCIA DE ENSEÑANZA SOBRE LA FORMACIÓN DE ÓXIDO

Soares Silva, Rafael

  Rafael Soares Silva *
silva.rafael@usp.com
Universidade de São Paulo, Brasil

REAMEC – Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

ISSN-e: 2318-6674

Periodicidade: Frecuencia continua

vol. 9, núm. 2, e21058, 2021

revistareamec@gmail.com

Recepção: 12 Julho 2021

Aprovação: 03 Agosto 2021

Publicado: 27 Agosto 2021

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/437/4372405013/index.html>

DOI: <https://doi.org/10.26571/reamec.v9i2.12744>

Os direitos autorais são mantidos pelos autores, os quais concedem à Revista REAMEC – Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática – os direitos exclusivos de primeira publicação. Os autores não serão remunerados pela publicação de trabalhos neste periódico. Os autores têm autorização para assumir contratos adicionais separadamente, para distribuição não exclusiva da versão do trabalho publicada neste periódico (ex.: publicar em repositório institucional, em site pessoal, publicar uma tradução, ou como capítulo de livro), com reconhecimento de autoria e publicação inicial neste periódico. Os editores da Revista têm o direito de proceder a ajustes textuais e de adequação às normas da publicação.



Este trabalho está sob uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial 4.0 Internacional.

Resumo: O ensino de Química quase sempre é desvinculado da realidade limitando-se à memorização de fórmulas e conceitos, dificultando assim o processo de ensino aprendizagem. Essa pesquisa possui uma abordagem metodológica qualitativa (LÜDCKE; ANDRE, 1986), amparada pela proposta de experimentação de Giordan (1999), que evidencia a experimentação como uma metodologia alternativa na busca pela contextualização do conteúdo. Foi realizado a aplicação de uma sequência didática adaptada, proposta por Ciscato et al. (2016), sobre a corrosão de objetos metálicos. As atividades experimentais foram realizadas com alunos do 2º ano do Ensino Médio de uma escola pública do Estado de São Paulo. Os resultados apontaram que o experimento auxiliou no ensino e aprendizagem dos conceitos sobre oxirredução, a atividade também possibilitou uma maior interação entre os alunos e uma a melhor compreensão dos conceitos relativos ao tema. Durante as etapas dos experimentos, os alunos se mostraram motivados, estimulando o caráter investigativo, a tomada de decisão e a aprendizagem colaborativa.

Palavras-chave: Ensino de Química, Aula Experimental, Sequência didática.

Abstract: Chemistry teaching is almost always disconnected from reality, limiting itself to memorizing formulas and concepts, making the teaching-learning process difficult. This research has a qualitative methodological approach (LÜDCKE; ANDRE, 1986), supported by Giordan's (1999) proposal for experimentation, which highlights experimentation as an alternative methodology in the search for the contextualization of content. An adapted didactic sequence proposed by Ciscato et al. (2016) on corrosion of metallic objects. Experimental activity carried out with 2nd year high school students at a public school in the State of São Paulo. The results showed that the experiment helped in teaching and learning the concepts about oxidation-reduction, the activity also allowed for greater interaction between students and a better understanding of

the concepts related to the topic. During the steps of the experiments, the students attenuated motivated, stimulating the investigative character, decision making and collaborative learning.

Keywords: Chemistry Teaching, Experimental Class, Following Teaching.

Resumen: La enseñanza de la química casi siempre está desconectada de la realidad, limitándose a memorizar fórmulas y conceptos, dificultando así el proceso de enseñanza-aprendizaje. Esta investigación tiene un enfoque metodológico cualitativo (LÜDCKE; ANDRE, 1986), apoyado en la propuesta de experimentación de Giordan (1999), que destaca la experimentación como una metodología alternativa en la búsqueda de la contextualización de contenidos. Una secuencia didáctica adaptada propuesta por Ciscato et al. (2016), sobre la corrosión de objetos metálicos. Las actividades experimentales se llevaron a cabo con estudiantes de segundo año de secundaria de una escuela pública del estado de São Paulo. Los resultados mostraron que el experimento ayudó en la enseñanza y el aprendizaje de los conceptos de redox, la actividad también permitió una mayor interacción entre los estudiantes y una mejor comprensión de los conceptos relacionados con el tema. Durante los pasos de los experimentos, los estudiantes se motivaron, fomentando el carácter investigador, la toma de decisiones y el aprendizaje colaborativo.

Palabras clave: Enseñanza de la química, Clase experimental, Siguiendo la enseñanza.

1. INTRODUÇÃO

No Ensino de Química, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) propõem uma abordagem de temas sociais e uma experimentação que, não dissociadas da teoria, não são pretensos ou meros elementos de motivação ou de ilustração, mas efetivas possibilidades de contextualização dos conhecimentos químicos, tornando-os socialmente mais relevantes (Brasil, 2006).

Essa proposta, em outras palavras, sugere a adoção de metodologias de ensino e aprendizagem que vinculem o trabalho intelectual às atividades experimentais (SILVA; FERRI, 2020). Esse ensino deve, entre outros aspectos, possibilitar aos alunos a compreensão das transformações químicas e favorecer uma aprendizagem significativa, contrapondo à aprendizagem limitada, a memorização de fórmulas e conceitos (BRASIL, 2002).

Nesse sentido, Sales et al., (2018) apontam que o uso de recursos didáticos, como jogos e alguns experimentos, tem proporcionado diferentes benefícios à formação cidadã dos estudantes a partir de aulas dinâmicas que contribuem para o aumento da participação, motivação e interesse pelos conteúdos e seus conceitos, e ainda melhorias na relação entre aluno e professor, favorecendo a aprendizagem, de forma descontraída e divertida, tornando as aulas mais prazerosas.

A presente pesquisa utilizou a experimentação como forma de abordar o tema de eletroquímica, mais especificamente abrangendo os conteúdos das reações de oxidação e de redução para alunos do 2º ano do

AUTOR NOTES

* Doutor em Ensino de Ciências e Matemática (UNICSUL). Pós Doutorado em Química pelo Instituto de Química da Universidade de São Paulo (IQSC-USP), São Carlos, São Paulo, Brasil. Rua Nove de Julho, 1227, Centro, São Carlos, São Paulo, Brasil, CEP: 13560-042.

Ensino Médio, de uma escola pública estadual de São Paulo. A escolha desse conteúdo, como apontado por Da Silva e Ferri (2020), deu-se devido à importância dessa área de conhecimento e a aplicabilidade dos materiais utilizados, uma vez que o experimento é de fácil acesso e de baixo custo, o que facilita a sua execução.

A proposta da aula experimental sobre a corrosão de objetos metálicos compreende a aplicação de uma sequência didática adaptada proposta por Ciscato et al. (2016), com o objetivo de provocar nos alunos um caráter investigativo sobre o processo de formação da ferrugem, correlacionando com a atividade experimental realizada no laboratório da escola.

Atividades experimentais desse tipo são importantes porque possuem caráter de transformação do ambiente escolar, buscando dar sentido aos acontecimentos do mundo e, com isso, permitir que os alunos possam intervir. Como considera Zabala (2010), as atividades experimentais, envolvendo a aprendizagem de conceitos científicos, devem ser pensadas e desenvolvidas a partir da relação dos conceitos prévios dos alunos com os novos conceitos, que serão apresentados pelo professor.

Pesquisas propondo contribuições ao ensino de Química demonstram, muitas vezes, o fato de a disciplina ser apresentada com complexidade e sem articulação do contexto do estudante com os componentes de outras áreas do conhecimento, dificultando a aprendizagem e a permanência dos estudantes nas escolas.

1.1. Considerações sobre a Eletroquímica

Para que o aluno possa entender os processos de oxidação dos metais no seu cotidiano, como foi proposto nessa aula, é importante que os professores de Química abordem conteúdos relacionados a oxirredução.

Segundo Merçon et. al (2011, p. 57):

[...] em sala de aula, a corrosão pode se tornar um elemento contextualizador do ensino de Química. A possibilidade de relacionar os conteúdos científicos envolvidos com os aspectos tecnológicos, sociais, econômicos e ambientais favorece a formação da cidadania dos alunos, ampliando seu poder de participação e tomada de decisão e desenvolvendo no aluno habilidades básicas para sua participação na sociedade democrática.

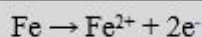
Entretanto, esses conteúdos apresentam um grau de dificuldade considerável. Nogueira, Fernandez e Goes (2017) destacam que alguns professores têm dificuldade em trabalhar o tema, sendo este deixado para o final do ano letivo e, muitas vezes, sendo ignorados pela falta de tempo.

Gentil (2007) e Santos et al (2014) definem corrosão como a deterioração de um material, geralmente metálico, por ação física, química ou eletroquímica do meio ambiente aliada, ou não, a esforços mecânicos. Sendo a corrosão, em geral, um processo espontâneo, está constantemente transformando os materiais metálicos de modo que a durabilidade e desempenho deixam de satisfazer os fins que se destinam.

O problema da corrosão metálica apresenta proporções significativas. Em termos econômicos, foi estimado que aproximadamente 5% da receita de um país industrializado seja gasta na prevenção de corrosão e na manutenção, ou na substituição, de produtos perdidos ou contaminados como resultado das reações de corrosão. Isso sem mencionar os acidentes ou perdas de vidas humanas provocadas por contaminações, poluição e falta de segurança dos equipamentos (MERÇON; GUIMARÃES; MAINIER et al., 2004).

Reforçando conceito com o qual estamos trabalhando nessa pesquisa, Maia et. al. (2015) apontam que, para os materiais metálicos, o processo de corrosão é normalmente um processo eletroquímico, isto é, uma reação química em que existe uma transferência de elétrons de uma espécie química para outra (processo denominado de oxirredução). Caracteristicamente, os átomos metálicos têm seus elétrons retirados, o que é chamado de uma reação de oxidação. A quantidade de elétrons retirada de um determinado metal é uma característica dele, e pode variar de um material para outro.

Por exemplo, para o ferro, o processo de oxidação está representado na equação 1.



[Equação 1 – Oxidação do Ferro]

As espécies que retiram os elétrons do metal sofrem um processo denominado de redução. Essas espécies, ao retirarem elétrons e provocarem a oxidação de outras, são denominadas de agentes oxidantes. O ar atmosférico, devido a presença de gás oxigênio (que compõe 20% do ar seco) e água (presente na forma de vapor), é um ambiente propício a oxidação (MAIA et. al., 2015).

Frauches-Santos et al. (2014) citam que existem técnicas ou métodos de proteção anticorrosiva, usadas em alguns materiais de extensivo uso industrial, e envolvem, de maneira geral, a passivação ou a polarização do material, ao qual incluem os revestimentos, os inibidores de corrosão, as técnicas de modificação do meio, a proteção catódica e anódica. Além disso, citam também que essas ações protetoras dos revestimentos anticorrosivos podem ser explicadas devido a formação de películas de óxidos, hidróxidos e outros compostos pela reação de metais como alumínio, cromo, níquel e zinco com os oxidantes do meio corrosivo (FRAUCHES-SANTOS et al., 2014).

2. METODOLOGIA

Essa pesquisa possui uma abordagem metodológica qualitativa (LÜDCKE; ANDRE, 1986), possuindo um ambiente natural como fonte direta de dados e o pesquisador como seu principal instrumento, sendo a preocupação maior com o processo do que com o produto. A pesquisa qualitativa é um campo de investigação que permite a interligação de termos, conceitos e suposições (DENZIN; LINCOLN, GIARDINA, 2006).

Para Giordan (1999), a experimentação desperta um forte interesse entre os alunos, que atribuem com um caráter motivador, lúdico, e essencialmente vinculado aos sentidos. Este autor também destacou a contribuição das aulas práticas para a aprendizagem colaborativa, através da realização de experimentos em equipe e a colaboração entre as equipes.

Gonçalves et al. (2020) reforça o uso da experimentação como metodologia, uma vez que ela pode tornar o aluno mais ativo, de modo que faça observações, formule hipóteses, questione, ou seja, deixe de ser apenas um receptor do conhecimento. Com essa finalidade, a atividade experimental nas aulas de Química pode ser bem estruturada, não se tornando apenas uma prática de laboratório que os alunos apenas fazem o que é descrito em um roteiro já predefinido, mas com espaço para argumentação.

A pesquisa foi realizada no laboratório de Química de uma escola pública da cidade de São Paulo, onde planejou-se o desenvolvimento da atividade. Com a aplicação dessa sequência, esperou-se que os alunos, por meio de uma abordagem com viés investigativo, concluam quais são as substâncias envolvidas na formação da ferrugem. Além disso, buscou-se resgatar os conceitos de solubilidade de uma substância em outra, relembrando o papel das forças intermoleculares nesse processo.

O trabalho realizado surgiu de atividades experimentais propostas por uma sequência didática (adaptada), que envolve momentos com atividades práticas simples, com a participação efetiva dos alunos.

2.1. Procedimento experimental

Foram realizados dois experimentos, como descreveremos abaixo:

Experimento A: Condutividade e Oxidação dos Metais.

>Os materiais que foram utilizados são:

- * 2 (dois) béqueres de 50ml;
- * 100ml de água;

- * 1 (um) parafuso galvanizado;
- * 1 (um) prego de ferro;
- * 1 (um) condutivímetro.

>Procedimentos do experimento A

1. Encha cada um dos béqueres com água e identifique-os como A e B;
2. Pinte um dos pregos com a tinta a óleo (Substituído pelo parafuso);
3. Submerja um prego em cada um de dois béqueres contendo água; um deles pintado com tinta a óleo (substituído pelo parafuso) e o outro, sem pintura alguma;
4. Após 24 horas, os alunos observaram o que ocorreu nos dois sistemas;

>Experimento B:

Os materiais que foram utilizados são:

- * Esponja de aço;
- * 1 (um) bastão de vidro;
- * 1 (um) tubo de ensaio;
- * 1 (uma) régua;
- * 1 (uma) placa de Petri;
- * Água.

> Procedimento do experimento B

1. Umedeça uma esponja de aço com água;
2. Construa uma escala em papel milímetro e fixe-a no tubo de ensaio.
3. Com auxílio de um bastão de vidro, coloque a esponja de aço umedecida no fundo do tubo de ensaio;
4. Coloque o tubo de ensaio invertido em uma placa de Petri contendo água, de modo que fique submerso mais ou menos 2,0 cm (veja a figura 1).

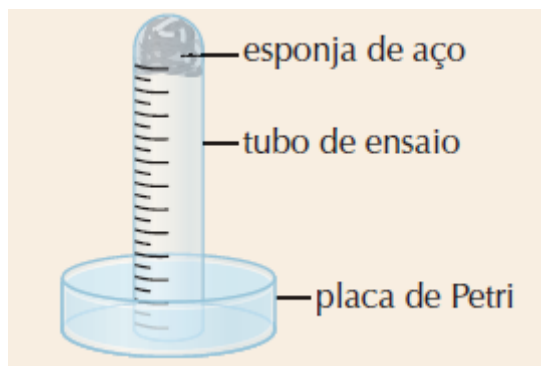


FIGURA 1

Sistema montado para a segunda atividade prática

Fonte: Ciscato et al (2016)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para guiar essa observação e estimular o diálogo entre os alunos, foram realizadas as seguintes perguntas:

- O que vocês observam de diferente entre o conteúdo dos dois béqueres?
- Por que existe diferença de coloração da água nos béqueres?
- Vocês sabem dizer por que o aspecto visual do béquer, que contém o parafuso, continua praticamente inalterado?

A partir dessas questões, alguns alunos argumentaram que o parafuso possui uma barreira de proteção contra o processo oxidativo, ou seja, protege o ferro da água, e essas constatações ocorreram durante a realização dos experimentos. Durante as aulas, os alunos eram monitorados pelo professor.

Experimento A:

O experimento A mostrou que diferentes tipos de finalizações de um produto metálico e sua composição molecular interferem diretamente no tempo de corrosão e em sua condutividade. Na figura 2, podemos observar os dois objetivos metálicos utilizados em nossos experimentos.



FIGURA 2
Materiais do experimento A
Fonte: Produção do autor (2020)

Após a montagem dos experimentos, os alunos fizeram as observações por nove dias, e a partir da sequência didática original proposta por Ciscato et. al. (2016), um grupo de alunos sugeriu que fosse feita a medição da condutividade elétrica das soluções antes e durante as etapas do processo, como pode ser observado na figura 3. Como descrito pelos alunos, foi mensurada a condutividade elétrica das soluções onde se encontravam o prego de ferro e o parafuso galvanizado.

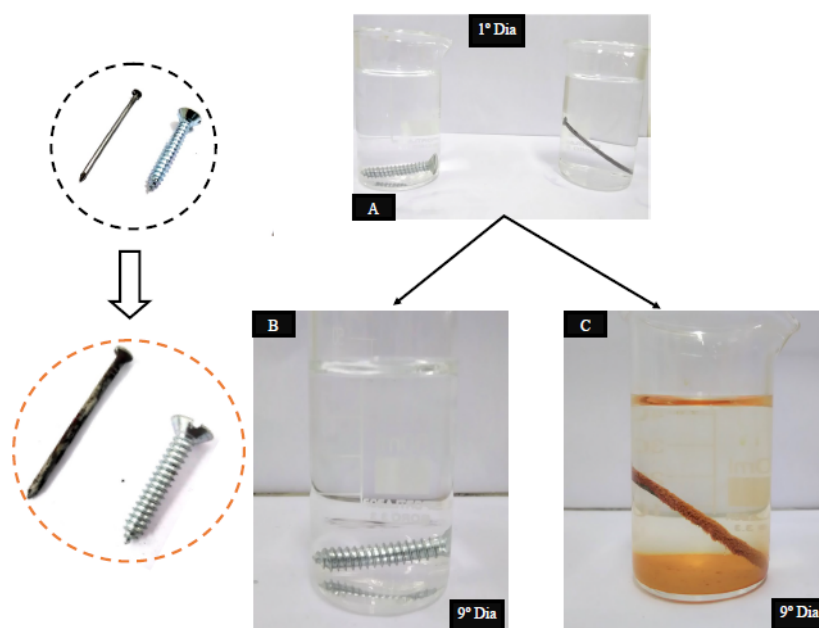


FIGURA 3
Primeiro e nono dia de análise
Fonte: Produção do autor (2020)

Após o experimento, foi discutido coletivamente os resultados obtidos. Como podemos observar na figura 3, o prego de ferro é oxidado com o tempo, já o parafuso galvanizado se encontra no seu estado original. Durante as discussões em sala de aula, um aluno acrescentou:

Aluno A: - “a umidade fez com que os átomos de ferro doassem dois elétrons para as moléculas de água, e ao receberem esses elétrons, os átomos de hidrogênio presentes na estrutura moléculas da água (H₂O) tornam-se gás hidrogênio (H₂). E o resto da molécula tornou-se íons OH⁻”.

Um outro aluno acrescentou:

Aluno B: - “Os íons de ferro reagiram com o oxigênio presente no ar, assim formando a ferrugem. Já quanto ao parafuso, que sofreu processo de galvanização, o elemento foi banhado em zinco, e esse material possui uma camada fina de íons positivos de zinco, que o torna impermeável. Por conta das transferências de íons positivos para o ferro, ele torna-se negativamente carregado, desse modo, impedindo a transição dos elétrons para o ar, que faria ocorrer, assim, a oxidação”.

Para reforçar a análise dos resultados da atividade experimental, os alunos construíram a Tabela 1 representada abaixo:

TABELA 1
Resultado das análises da corrosão dos objetos avaliados.

Etapas	Prego de ferro	Parafuso galvanizado
Dia 1	Sem corrosão	Sem corrosão
Dia 2	Corrosão leve	Sem corrosão
Dia 3	Corrosão elevada	Sem corrosão

Fonte: Produção do autor (2020)

Os alunos, a fim de identificar quais as reações químicas envolvidas na formação da ferrugem (Óxido de Ferro III) mono-hidratado (Fe₂O₃. H₂O), construíram o Quadro 1 com o resumo das principais reações do processo de formação da ferrugem. Em contato com experimento, um grupo de alunos ressaltou que a ferrugem se formou quando o ferro entrou em contato com a água e o ar, como pode ser observado, na figura 3, no béquer que possui coloração castanho-avermelhada.

QUADRO 1
Etapas da formação do Ferrugem

Etapas	Reações
(1) Oxidação do ferro metálico a cátion ferro:	$Fe(s) \rightarrow Fe^{2+} + 2e^{-}$
(2) Redução da água:	$2H_2O + 2e^{-} \rightarrow H_2 + 2OH^{-}$
(3) Formação do hidróxido ferroso:	$Fe^{2+} + 2OH^{-} \rightarrow Fe(OH)_2$
(4) O (Fe (OH) ₂), na presença de oxigênio é oxidado e forma hidróxido de ferro III (Fe (OH) ₃).	$2Fe(OH)_2 + H_2O + 1/2O_2 \rightarrow 2Fe(OH)_3$
(5) A perda de água acarreta na formação do óxido de ferro (III) mono-hidratado	$2Fe(OH)_3 \rightarrow Fe_2O_3 \cdot H_2O + 2H_2O$

Fonte: Produção do autor (2020)

Tendo em vista a identificação visual de reações de oxirredução por parte dos alunos, pode-se compreender, a partir da compreensão do experimento e a partir do que aponta Smith (1998), que a corrosão é provocada por uma reação química, a velocidade com a qual este processo ocorre dependerá da temperatura e da concentração das espécies envolvidas.

Maia et al. (2015) reforçam que a maioria dos metais é corroído, de algum modo, por efeito da água e da atmosfera, portanto, as espécies presentes na água (principalmente espécies iônicas) acabam tendo uma importância muito grande nos processos de deterioração dos metais.

Gentil (1982) aponta que existe um grande interesse prático no estudo da corrosão, uma vez que ela causa um prejuízo estimado em torno de 1,5 a 3,5% do PIB nos países industrializados. Sem que seja necessário recorrer a meios agressivos, tem-se que a maioria dos materiais em contato com o meio ambiente, como a atmosfera, formam um sistema termodinamicamente instável.

Todos os metais em contato com o ar devem reagir e transformar-se em óxidos, hidróxidos ou outras formas semelhantes. Em alguns casos (alumínio, magnésio, cromo, etc.), tal transformação em óxidos implica numa grande redução da energia livre. Assim, de acordo com a termodinâmica, os metais não poderiam ser utilizados numa atmosfera como a terrestre. Entretanto, apesar da termodinâmica indicar a possibilidade de uma reação, não diz nada a respeito da velocidade com que essa reação ocorre. É precisamente devido ao fato de que certas velocidades de reação são lentas que se pode utilizar os metais no cotidiano (SUSKI, 2018).

Em relação ao parafuso contido no béquer B do experimento anteriormente mostrado, este possui um revestimento que dificulta o processo corrosivo, como descreve Mainier et. al (2004), pois a técnica de obter inibidores de corrosão sob a forma sólida ou o encapsulamento do produto mostra-se bem promissora, enquanto o tratamento ou eliminação de despejos industriais contendo inibidores de corrosão, é difícil e o custo é alto.

Mainier et. al (2004) ainda acrescenta que a corrosão é um permanente desafio ao homem, pois quanto mais a ciência cria e evolui e a tecnologia aplica e avança, mais encontra espaço e maneiras de se fazer presente evitando os processos corrosivos.

Segundo Mainier et. al (2004, p. 107), os inibidores de corrosão:

São substâncias que adicionadas ao meio corrosivo objetivam evitar, prevenir ou impedir o desenvolvimento das reações de corrosão, sejam nas fases gasosas, aquosas ou oleosas. A eficiência de proteção oferecida pelos inibidores depende dos metais e ligas bem como da severidade do meio. Os mecanismos de atuação dos inibidores de corrosão estão baseados na formação de uma barreira ou filme na superfície do material, que impede ou retarda as reações de corrosão, e na alteração do meio corrosivo, tornando-o menos agressivo. Podem ser classificados em: anódicos, catódicos, formadores de filme orgânico, neutralizantes, fase vapor, sequestrantes de oxigênio dissolvido.

Na Figura 4, foi analisada a condutividade elétrica da amostra que continha o parafuso galvanizado. Percebe-se que, na referida amostra, o aspecto visual do béquer pareceu inalterado. Isso porque a galvanização promove uma maior durabilidade do parafuso.



FIGURA 4
Medição de condutividade d'água nas duas amostras.

Fonte: Produção do autor (2020)

Os resultados das análises de condutividade elétrica, realizadas pelos alunos, estão compreendidas na Tabela 2.

TABELA 2
Resultado das análises da condutividade das amostras B e C.

Etapas	Condutividade do prego de ferro	Condutividade do parafuso galvanizado
Dia 1	105,3us	38,7us
Dia 4	108,8us	114,5us
Dia 9	93,9us	20,0us

Fonte: Produção do autor (2020)

O teste de condutividade elétrica não estava originalmente contemplado na sequência didática proposta, mas os alunos estavam curiosos para utilizarem o equipamento. Então, foi sugerido que pesquisassem sobre a utilização do condutímetro e os grupos, na tentativa de elucidar o experimento, apontaram que:

Grupo 1: - “a condutividade dos objetos, que é a aptidão de transferência de correntes elétricas. Trabalhou-se com dois tipos de materiais, um condutor, prego de ferro e um “isolante”, parafuso galvanizado. O ferro é um condutor melhor, como demonstrado na tabela, pois, em sua camada de valência, possui mais elétrons livres e isso faz o com que haja um fluxo de elétrons maior. O parafuso galvanizado, apesar de ter seu processo feito com o zinco, metal condutor, ao interagir com o ferro no processo, ele o carrega com carga negativa, como já citado antes, desse modo, os elétrons têm dificuldade de ordenar seu fluxo, assim baixando a condutibilidade do material”.

Experimento B:

Para que percebessem a necessidade do gás oxigênio para a formação da ferrugem, foi realizada a execução do experimento B. Para alcançar os resultados, os alunos utilizaram tubos de ensaio e esponja de aço, como demonstrado na Figura 5.



FIGURA 5
Tubo de ensaio e esponja de aço

Fonte: Produção do autor (2020)

Todas as etapas do experimento foram acompanhadas pelos alunos. Os estudantes introduziram, com o auxílio de um bastão de vidro, um pedaço da esponja de aço já umedecida com água dentro do tubo de ensaio. Feito isso, virou-se o tubo na placa de Petri e acrescentou-se água, até que o frasco estivesse submerso em 1cm

(medido na régua), sempre acompanhando o nível da água e o desgaste da esponja de aço, como pode ser observado na figura 6, que apresenta as análises realizadas no experimento.

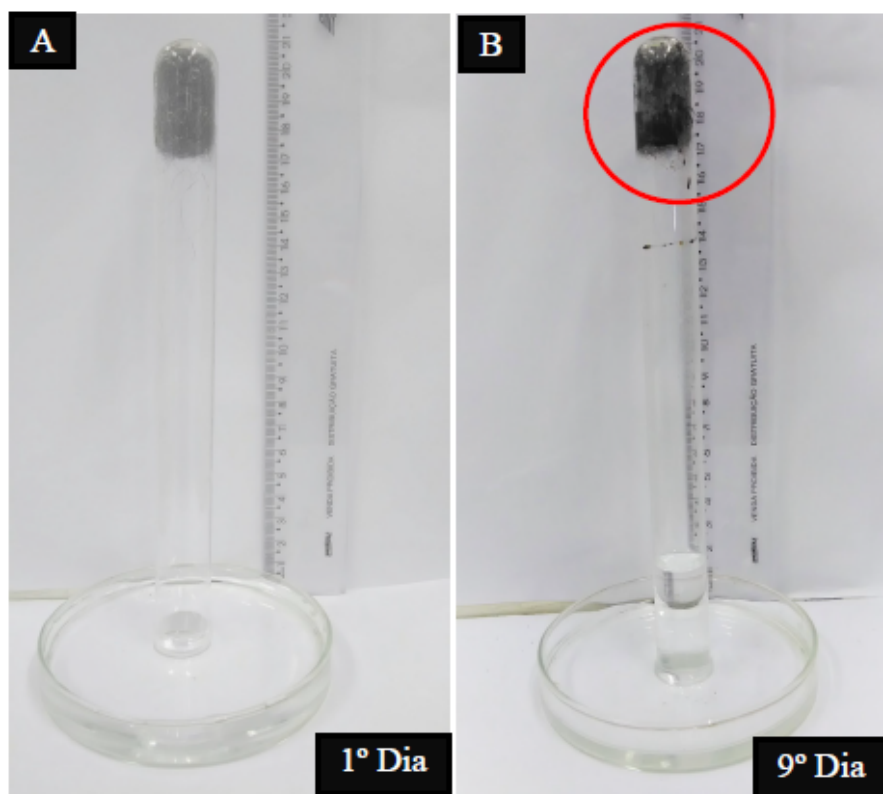


FIGURA 6
Experimento A e B, primeiro e último dia
Fonte: Produção do autor (2020)

A tabela abaixo apresenta os resultados das observações feitas pelos alunos nos dois experimentos.

TABELA 3.
Oxidação e medida de água no tubo de ensaio

Etapas	Nível d'água	Oxidação
Dia 1	1 cm	Sem oxidação
Dia 2	2cm	Levemente oxidado
Dia 3	4cm	Inteira e totalmente oxidado

Fonte: Produção do autor (2020)

Os resultados desse experimento apontaram que, para que exista a ferrugem, faz-se necessário a interação entre ferro, ar e umidade. Ao longo dos dias, o aço foi perdendo seus íons para as moléculas de água e o gás oxigênio foi sendo consumido pela esponja de aço, fazendo, desse modo, a liberação de espaço, onde, então, a água pode elevar seu nível, e ao elevá-lo, aumentou-se a interação dos reagentes, criando um ciclo até que o metal fosse completamente corroído.

Deste modo, como reforçam Silva e Ferrari (2020), as atividades experimentais utilizadas nessa pesquisa possibilitaram que os alunos adotassem uma postura construtivista, pois, ao reconstruírem os conceitos teóricos de eletroquímica, levaram em consideração a construção do conhecimento e do diálogo que ocorreu

nos dois experimentos, os quais favoreceram o processo de ação e reflexão dos alunos (SILVA; ZANON, 2000).

Silva (2021) reforça que o uso de recursos didáticos de fácil acesso e com produção de baixo custo, como jogos e alguns experimentos, têm proporcionado diferentes benefícios à formação cidadã dos estudantes, como aulas dinâmicas, aumento na participação, motivação e interesse pelos conteúdos e seus conceitos e ainda melhorias na relação entre aluno e professor, favorecendo a aprendizagem, de forma descontraída e divertida, tornando as aulas mais prazerosas e o cotidiano do aluno mais interessante.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação dessa sequência didática, contemplou dois experimentos com materiais de fácil acesso e descarte, possibilitando um melhor entendimento dos processos de corrosão de objetos metálicos, auxiliando na aprendizagem dos conceitos de óxido-redução. A condução da atividade no laboratório se mostrou como um desafio e possibilitou a aplicação prática dos conceitos de oxidação, redução, agente redutor e agente oxidante. Todas as observações foram feitas mantendo o experimento em repouso, evitando interferências, a fim de obter um melhor resultado. Os alunos mostraram-se motivados, participando massivamente de todas as etapas da atividade, o que favoreceu na construção do conhecimento, na tomada de decisões e na aprendizagem colaborativa.

A proposta da aula experimental provocou nos alunos um caráter investigativo sobre o processo de formação da ferrugem possibilitando um olhar atento sobre os fenômenos observados, e uma correlação da atividade experimental realizada no laboratório da escola com outros fenômenos do dia a dia dos alunos.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Educação; **Orientações Curriculares do Ensino Médio** Secretaria de Educação Média e Tecnológica, Semtec. Brasília: MEC/Semtec, 2002.
- BRASIL. Ministério da Educação; **Orientações curriculares para o ensino médio**. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Secretaria de Educação Média Tecnológica/MEC, Brasília, 2006.
- CISCATO, C. A. M., et al. PEREIRA, L. F.; CHEMELLO, E. e PROTI, P. B. **Química**, vol. 2. São Paulo: Moderna, 2016.
- DA SILVA, Carlos César; FERRI, Kathynne Carvalho Freitas. Uma sequência didática para o ensino de eletroquímica em cursos técnicos integrados ao ensino médio do IFG. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 27641-27655, 2020.
- DENZIN, Norman K.; LINCOLN, Yvonna S.; GIARDINA, Michael D. Disciplining qualitative research. **International journal of qualitative studies in education**, v. 19, n. 6, p. 769-782, 2006.
- GENTIL, V. Corrosão. Editora Guanabara Dois, 1982. **NORMA NACE RP-07-75**. Standard recommended practice, preparation, installation, analysis and interpretation of corrosion coupons in oilfield operations, 1999.
- GENTIL, V. Corrosão. In: **LTC-Livros Técnicos e Científicos Editora SA**, p. 43-70, Rio de Janeiro: Brasil, 2007.
- GIORDAN, Marcelo. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química nova na escola**, v. 10, n. 10, p. 43-49, 1999.
- LÜDKE, M.; ANDRÉ, M.E.D.A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo, EPU, 1986.
- MERÇON, Fábio; GUIMARÃES, Pedro Ivo Canesso; MAINIER, Fernando Benedito. Corrosão: um exemplo usual de fenômeno químico. **Química nova na escola**, v. 1, n. 19, p. 11-14, 2004.
- MERÇON, Fábio; GUIMARÃES, Pedro Ivo Canesso; MAINIER, Fernando Benedito. Sistemas experimentais para o estudo da corrosão em metais. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 1, p. 57-60, 2011.

- MAIA, Daltamir Justino et al. Experimento sobre a influência do PH na corrosão do ferro. **Química nova na escola**, v. 37, n. 1, p. 71-75, 2015.
- MAINIER, Fernando Benedicto et al. As formulações inibidoras de corrosão e o meio ambiente. **Engevista**, 2004.
- NOGUEIRA, Keysy S.C.; GOES, Luciane Fernandes de.; FERNANDEZ, Carmen. O estado da arte sobre o ensino de reações redox nos principais eventos na área de educação no Brasil. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 16, n. 3, p. 410-434, 2017.
- SANTOS, Cristiane Frauches et al. A corrosão e os agentes anticorrosivos. **Revista virtual de química**, v. 6, n. 2, p. 293-309, 2014.
- SALES, Maiane França et al. Um jogo didático para o ensino de química: uma proposta alternativa para o conteúdo de equilíbrio químico. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v. 5, n. 2, 2018.
- SILVA, L.H. de A.; ZANON, Lenir Basso. A experimentação no ensino de ciências. **Ensino de Ciências: fundamentos e abordagens**. Piracicaba: CAPES/UNIMEP, p. 120-153, 2000.
- SILVA, Rafael Soares; COSTA AMARAL, Carmem Lúcia. As Contribuições da Defectologia E da Teoria Histórico-Cultural no Ensino de Química para o Deficiente Visual: Um Estado Da Arte em Teses E Dissertações (2000-2019). **Communitas**, v. 5, n. 9, p. 346-364, 2021.
- SILVA, Rafael Soares; AMARAL, Carmem Lúcia Costa. A Educação Inclusiva no Ensino de Ciências e Matemática: Um Mapeamento na Revista Educação Especial no Período de 2000 a 2018. **Communitas**, v. 4, n. 7, p. 281-294, 2020.
- SILVA, Rafael Soares. Um jogo didático para o ensino de equilíbrio químico. **Revista Amor Mundi**, v. 2, n. 1, p. 31-39, 2021.
- SILVA, Rafael Soares. As aplicações da informática no ensino de química como alternativa para o ensino e aprendizagem. **Revista Amor Mundi**, v. 1, n. 2, p. 43-56, 2020.
- SMITH, W.F. **Princípios de ciência e engenharia dos materiais**. São Paulo: McGraw-Hill, 1998.
- SMITH, William F.; HASHEMI, Javad. **Fundamentos de engenharia e ciência dos materiais**. AMGH Editora, 2013.
- SUSKI, Cássio Aurélio. Estudo experimental dos tipos de corrosão em metais sob condições salinas. **Revista Técnico Científica do IFSC**, v. 1, n. 6, p. 29, 2018.
- ZABALA, Antoni. **A prática educativa: como ensinar**. reimp. Porto Alegre: Artmed, 2010.

APÊNDICE 1

FINANCIAMENTO

Não houve financiamento.

CONTRIBUIÇÕES DE AUTORIA

Resumo/Abstract/Resumen: Rafael Soares Silva

Introdução: Rafael Soares Silva

Referencial teórico: Rafael Soares Silva

Análise de dados: Rafael Soares Silva

Discussão dos resultados: Rafael Soares Silva

Conclusão e considerações finais: Rafael Soares Silva

Referências: Rafael Soares Silva

Revisão do manuscrito: Rafael Soares Silva

Aprovação da versão final publicada: Rafael Soares Silva

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declararam não haver nenhum conflito de interesse de ordem pessoal, comercial, acadêmico, político e financeiro referente a este manuscrito.

DISPONIBILIDADE DE DADOS DE PESQUISA

O conjunto de dados que dá suporte aos resultados da pesquisa foi publicado no próprio artigo.

CONSENTIMENTO DE USO DE IMAGEM

Não se aplica.

COMO CITAR - ABNT

SILVA, Rafael Soares. EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE A FORMAÇÃO DA FERRUGEM. REAMEC – Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática. Cuiabá, v. 9, n. 2, e21058, maio-agosto, 2021. <http://dx.doi.org/10.26571/reamec.v9i2.12744>.

COMO CITAR - APA

SILVA, R. S. EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE A FORMAÇÃO DA FERRUGEM. REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática, 9 (2), e21058. <http://dx.doi.org/10.26571/reamec.v9i2.12744>.

LICENÇA DE USO

Licenciado sob a Licença Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0). Esta licença permite compartilhar, copiar, redistribuir o manuscrito em qualquer meio ou formato. Além disso, permite adaptar, remixar, transformar e construir sobre o material, desde que seja atribuído o devido crédito de autoria e publicação inicial neste periódico.

DIREITOS AUTORAIS

Os direitos autorais são mantidos pelos autores, os quais concedem à Revista REAMEC – Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática - os direitos exclusivos de primeira publicação. Os autores não serão remunerados pela publicação de trabalhos neste periódico. Os autores têm autorização para assumir contratos adicionais separadamente, para distribuição não exclusiva da versão do trabalho publicada neste periódico (ex.: publicar em repositório institucional, em site pessoal, publicar uma tradução, ou como capítulo de livro), com reconhecimento de autoria e publicação inicial neste periódico. Os editores da Revista têm o direito de proceder a ajustes textuais e de adequação às normas da publicação.

PUBLISHER

Universidade Federal de Mato Grosso. Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática (PPGECM) da Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática (REAMEC). Publicação no Portal de Periódicos UFMT. As ideias expressadas neste artigo são de responsabilidade de seus autores, não representando, necessariamente, a opinião dos editores ou da referida universidade.

EDITOR

Marcel Thiago Damasceno Ribeiro

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6404-2232>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5484650266886844>

LIGAÇÃO ALTERNATIVE

<https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/reamec/article/view/12744> (pdf)