A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DA ELETROQUÍMICA: ABORDAGEM, POTENCIALIDADES E DESAFIOS PARA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Elaine de Oliveira Marçal[1], Deyse Gomes da Costa[2]

[1]Mestranda do Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional (PROFQUI), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG, Brasil, (marcalelaine@gmail.com)
[2]Professora do Departamento de Química, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG, Brasil, País (deysegcosta@ufv.br)

Resumo: O ensino que foca apenas na memorização, dificulta a compreensão de fenômenos eletroquímicos. A fim de contribuir para uma aprendizagem significativa, esta pesquisa apresenta uma revisão sistemática em artigos científicos pelo MAECC®, com o objetivo de investigar as principais abordagens, potencialidades e desafios apresentados na aplicação das práticas experimentais como uma metodologia de ensino e o desenvolvimento de um kit experimental fundamentado nas teorias pedagógicas Montessoriana.

Palavras-chave: Eletroquímica; Experimentação, MAECC®, Aprendizagem Significativa; Montessori.

INTRODUÇÃO

Inúmeros são os desafios enfrentados no processo ensino-aprendizagem das ciências. Podemos destacar a falta de recursos didáticos, a defasagem na formação docente e as metodologias de ensino ultrapassadas (Lima, 2012). Dentre estes desafios, a metodologia de ensino é a mais discutida entre os pesquisadores da educação, pois é fundamental ter a certeza dos objetivos de aprendizagem no qual o professor precisa atingir (Santos e Schnetzler, 1996).

Diante do atual cenário da educação, as práticas metodológicas precisam ser repensadas e aplicadas da forma mais concreta possível, valorizando a evolução do aprendizado e respeitando o ritmo do aluno, como propõe Montessori (1985) no fundamento científico de sua ação. Oferecendo ao aluno um ensino significativo e com liberdade de aprendizado. Porque de fato, as formas de apresentação são tão importantes quanto os conteúdos ensinados.

Contudo, existe um grande desafio para o professor de Química, que é ensinar eletroquímica. Este é um ramo que estuda as transformações químicas e as transferências de elétrons. Um assunto complexo e muito abstrato, pois afinal é difícil compreender que espécies químicas doam elétrons para outras em um processo simultâneo conhecido como oxirredução e que esta transferência de elétrons pode gerar corrente elétrica (Barreto *et al*., 2017).

Mediante a necessidade de assimilar o aprendizado da eletroquímica. considerada por professores e alunos como uma das temáticas mais difíceis no processo ensino-aprendizagem de química (Sanjuan *et al*., 2009 e Silva *et al*., 2016), uma estratégia metodológica viável, concreta e fácil de ser aplicada, para o ensino deste conteúdo são as práticas experimentais.

Relatos afirmam que este tipo de atividades contribui com um "caráter motivador, lúdico, essencialmente vinculado aos sentidos", segundo afirma Giordan (1999, p. 43). E ao envolver os alunos de forma ativa, ela pode aumentar a capacidade de aprender (Giordan, 1999 e Maiato, 2013).

Estudos apontam que esta seja uma oportunidade de inserir o aluno no processo de construção da sua própria aprendizagem, a chamada "postura construtivista", como afirma Suart e Marcondes (2009, p. 51).

Dentro deste comportamento esse método tem a capacidade de despertar nos alunos grande interesse de aprendizagem, independente do seu grau de escolaridade (Giordan, 1999).

Nas concepções de Carvalho *et al*. (1998), as práticas experimentais, baseadas na orientação do professor e nos conhecimentos prévios do aluno, podem ampliar sua compreensão sobre os fenômenos naturais relacionados com a maneira como ele vê o mundo, promovendo aprendizado significativo.

A experimentação como prática de aprendizagem concreta, pode ajudar na construção de conhecimentos científicos e agregação de novas habilidades e competências.

Mesmo se tratando de uma técnica antiga, segundo Guimarães (2009), novas abordagens vêem sendo desenvolvidas, pois considera-se que a experimentação é uma estratégia eficiente para investigar problemas do cotidiano de forma contextualizada.

A maneira como as atividades experimentais são apresentadas em sala de aula, tornou-se motivo de discussão entre os pesquisadores da educação em ciências, pois a abordagem experimental pode ser realizada de diferentes formas. No presente trabalho foram destacadas as contribuições das abordagens de demonstração, verificação e investigação. (Araújo e Abib, 2013; Lima, 2015; Santos e Menezes, 2020).

De acordo com Lima (2015), as práticas experimentais demonstrativas facilitam o trabalho do professor. São aquelas em que o mesmo realiza o experimento e os alunos observam o que acontece. Normalmente essas práticas são utilizadas para complementar a explicação do conteúdo, retomar algum assunto já abordado (Araújo e Abib 2013) e/ou até mesmo para repetir um fenômeno natural, para que os alunos entendam os conceitos científicos (Santos e Nagashima, 2017).

Normalmente os experimentos de demonstração são trabalhados antes da teoria, não sendo uma regra, pois pode ser utilizado também a fim de ilustrar conceitos já trabalhados (Francisco Júnior *et al*., 2008). Apesar de ser uma técnica que não envolve o aluno na execução da prática, é muito importante a participação do mesmo nas discussões e nos questionamentos, a fim de que possam construir seu conhecimento. Uma visão rudimentar da experimentação com o objetivo de apenas comprovar uma teoria, pouco contribuirá para a aprendizagem significativa.

Quando se trata da comprovação da teoria, outra abordagem muito utilizada são as práticas experimentais de verificação. Diferente da demonstrativa, ela sugere uma veracidade da teoria estudada, ou seja, tenta comprovar os conceitos científicos discutidos e é utilizada após a teoria. É uma metodologia muito criticada, no entanto, ainda é aplicada, pois como as explicações dos fenômenos são conhecidos pelos alunos, os resultados são previsíveis, o ensino fica mais realista se comparado a metodologias que utilizam apenas livros didáticos (Oliveira, 2010; Prado e Wesendonk, 2019).

Dentre as principais abordagens, a mais defendida por pesquisadores atualmente, são as práticas experimentais investigativas. Segundo Carvalho *et al.* (2019), esta metodologia pedagógica favorece o aluno, pois diferente das demais, valoriza as concepções do estudante e contribui para construir o conhecimento de maneira crítica e reflexiva.

Nesta abordagem o professor não entrega tudo pronto, ele apenas direciona os alunos, que são os responsáveis pela formação de hipóteses, análise das evidências e conclusão dos resultados, gerando a aprendizagem significativa (Carvalho, 2011). Mesmo que o professor não seja o centro deste processo, seu papel é fundamental. Ele precisa incentivar a construção do conhecimento, suavizando o aprendizado com questionamentos que provocam o raciocínio dos alunos.

As três abordagens relatadas mediante ao que foi apresentado, se diferem nas propostas e estratégias. Todas possuem técnicas que podem favorecer a aprendizagem significativa (Araújo e Abib, 2013; Santos e Menezes, 2020; Moreira, 2011).

Neste contexto, sem desvalorizar os métodos tradicionais de ensino, a presente pesquisa de natureza exploratória, com abordagem qualitativa, tem o objetivo de analisar em artigos científicos as abordagens, potencialidades e desafios encontrados no uso das práticas experimentais para o ensino da eletroquímica.

Para a revisão da literatura, recorreu-se ao Meta-modelo de Análise e Exploração do Conhecimento Científico (MAECC®). Este é um método de revisão, que segundo Cardoso; Alarcão; Celórico (2013, p. 292): "consiste em transformar a informação recolhida em conhecimento sobre o estado da arte". Um instrumento analítico-metodológico, sustentado simultaneamente pela análise documental e análise de conteúdo.

MATERIAL E MÉTODOS

Para desenvolver o estudo, a busca da literatura foi realizada no banco de dados da plataforma *Google Scholar*®.

A seleção seguiu três etapas. Na primeira, o período escolhido foi de 2016 a 2021 e a pesquisa foi com as seguintes palavras: experimentação e eletroquímica. O intuito foi selecionar artigos específicos envolvendo o uso da experimentação para o ensino da eletroquímica. Esta busca resultou em mais de dois mil trabalhos. A segunda etapa, foi realizada para pré-selecionar alguns artigos, lendo apenas os títulos. Esta etapa resultou em trinta e dois artigos.

Com a finalidade de escolher artigos mais coerentes ao objetivo do trabalho, uma nova seleção foi necessária. Nesta terceira etapa os resumos e os procedimentos metodológicos foram examinados, restando doze artigos.

Cada artigo selecionado foi identificado com um número e para apresentá-lo, extraiu-se, alguns traços, como título, ano de publicação, autores e palavras-chaves.

Os artigos foram agrupados em categorias, para análise de conteúdos pelo MAECC®. Além de explorá-los por este método, as abordagens, potencialidades e desafios também foram investigados.

As análise dos artigos, as contribuições de Maria Montessori, que defende a utilização de materiais concretos para auxiliar no processo de aprendizado, serviram de embasamento teórico e prático para a construção de um kit experimental seguidos de roteiros para as aulas práticas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os artigos selecionados foram estudados e deles extraído as metodologias, principais conceitos, contributos e implicações, conforme propõe o MAECC®.

Um mapeamento foi realizado a fim de explorar em cada texto características que identificassem a abordagem, as potencialidades e os desafios marcantes da técnica empregada.

A tabela 1, relaciona os artigos agrupados em categorias de acordo com a abordagem experimental predominante.

Tabela 1 – Abordagem experimental (AE)

AE	**Artigos**
Demonstração	Santos *et al*., 2019; Silva *et al*., 2017; Barreto *et al*., 2017
Investigação	Silva *et al*., 2019; Silva *et al.*, 2016; Gomes, 2019, Silva e Ferri, 2020
Verificação	Santos *et al*., 2018; Leal et al. 2019; Guimarães e Castro, 2018
Não especificado	Diniz *et al*., 2020; Andrade, Zimmer, 2021.

As análises realizadas nos trabalhos de Santos *et al*. (2019), Silva *et al*. (2017) e Barreto *et al*. (2017), demonstraram o predomínio das características de uma abordagem demonstrativa. As principais evidências estão incorporadas a roteiros bem estruturados, à preocupação do professor em executar o experimento com atitude expositiva e oferecer as explicações dos fenômenos observados como o detector do saber.

A função do aluno, apresentado nestes artigos, foi de observar o experimento e realizar as anotações necessárias. Eles participaram das discussões e dos resultados, quando direcionados pelo professor, com questões fechadas e de domínio dele. Vale informar que as questões presentes nos roteiros são direcionadas à verificação da teoria presente na literatura. O professor pôde conduzir a discussão em grupo e trocar informações, como afirmam os autores Santos *et al*. (2019).

As principais potencialidades desta abordagem experimental é a demanda de pouco tempo de prática, pois o professor tem o controle da situação. Elas podem ser inseridas durante a aula teórica expositiva. Considera-se um excelente recurso quando não há materiais e reagentes suficientes, espaço físico adequado e para práticas que apresentam risco.

Outra vantagem que se destacou nesse tipo de conduta experimental, presente no artigo de Barreto *et al*. (2017), é a importância da atividade prática experimental ser realizada pelo professor com a participação ativa dos alunos. Os estudantes ficam motivados à aprendizagem de novos conceitos, ou mesmo leva-os ao rompimento de ideias alicerçadas no senso comum como o "banho de imersão", que é uma concepção alternativa à eletrodeposição química.

O maior desafio enfrentado na aplicação deste tipo de abordagem é a falta de interesse por parte de alguns alunos que irão apenas assistir a prática por não terem conseguido entender a parte teórica e o desvio de atenção de alguns que não conseguem se envolver.

Os artigos de Silva *et al*. (2019); Silva *et al.* (2016); Gomes (2019) e Silva e Ferri (2020), tratam da abordagem de verificação, ou seja, como afirma Galiazzi (2004, p. 327), "comprovação de teorias". As atividades práticas foram executadas pelos alunos e fiscalizadas pelo professor, com o intuito de corrigir um possível erro.

Neste tipo de abordagem, com roteiro bem estruturado, direcionado e fechado, as práticas podem ser em tempo real como demonstram Silva *et al*. (2019), Silva *et al*. (2016) e Silva e Ferri (2020), respectivamente, ou virtual com o uso de simuladores, como apresentado no artigo de Gomes (2019).

As potencialidades deste tipo de abordagem apresentada nos artigos descritos acima, está baseada na facilidade que o aluno teve para elaborar explicações aos fenômenos observados, pois ele exerceu a função de ser ativo na realização da prática experimental, visto que ele já teve o primeiro contato com os conceitos abordados em aulas teóricas expositivas. Será desenvolvido nele maior domínio para relacionar teoria e prática, podendo levá-lo a ser

capaz de fazer interferências e até chegar a levantar hipóteses, como propõe os autores Silva *et al*. (2016).

Como desafios podemos destacar a dificuldade de compreender alguns conceitos, discussão apresentada pelos autores Silva e Ferri (2020). Entende-se que para agregar mais conceitos é necessário partir de um subsunçor, ou seja, um conhecimento prévio que desenvolve uma aprendizagem significativa a partir do que já sabe; outro desafio que merece destaque é a falta de interesse por parte de alguns alunos, pois tratando-se de experimento de algo previsível, não estimulou a curiosidade deles.

Pode-se inferir que, como na abordagem demonstrativa, a abordagem de verificação precisa apresentar momentos de diálogos sobre as práticas experimentais, pensando em relacionar as observações realizadas durante a experimentação com a realidade do aluno, quebrando a visão simplista e reducionista sobre as práticas experimentais.

Nos artigos que tratam sobre a abordagem investigativa, Santos *et al*. (2018); Leal *et al*. (2019); Guimarães e Castro (2018), o professor situou-se como o orientador das atividades, porque quem pesquisou, levantou hipóteses, executou, discutiu e explicou foram os alunos.

A experimentação investigativa compreendeu diferentes métodos e não uma metodologia rígida. Um dos maiores potenciais verificados foi a utilização de questões problemas que envolveram os alunos na busca por respostas, mediante pesquisas, como apresentado no artigo de Santos *et al*. (2018), promovendo no aluno mais autonomia pela busca do saber.

Normalmente os roteiros experimentais neste tipo de abordagem não possuem estrutura pré-definida, os estudantes em grupo como apresentado nos artigos, montam e desenvolvem o experimento por meio de pesquisa e não por um roteiro pré-elaborado.

Neste tipo de abordagem experimental, os alunos desenvolveram, segundo Santos *et al.*, (2018), a construção de conceitos e a consolidação de outros, pois ao serem desafiados, foram atrás de resposta que levou-os à construção do conhecimento. A aplicação desta abordagem não tem uma posição definida e pode ser empregada antes da teoria, como no artigo de Santos *et al*. (2018) e Guimarães; Castro (2018) ou depois da teoria, como no artigo de Leal; Schetinger; Pedroso (2019).

Não é necessário um laboratório super equipado, como descreve o artigo de Leal; Schetinger, Pedroso (2019) e Guimarães; Castro (2018), com materiais de baixo custo e fácil aquisição é possível sua realização, como apresenta o artigo de Santos *et al*., (2018). O essencial é que haja questões investigativas que vão nortear a prática e levantar hipóteses, permitindo o desenvolvimento de discussão para se chegar à conclusão ou não, das hipóteses levantadas.

As potencialidades para a abordagem investigativa, são inúmeras. Dentre elas ainda podemos afirmar que transforma o aluno em um ser ativo da aprendizagem, que pode desenvolver temas socioeducacionais. Este método não considera o erro, uma vez que pode ser visto como um passo para uma nova descoberta, da mesma forma que acontece no mundo científico.

Este tipo de abordagem pode aumentar a atenção e consequentemente o interesse dos alunos pelas aulas, como afirmam Guimarães e Castro (2018). Eles demonstraram um aumento significativo de 12% para 61% da opinião dos alunos sobre os assuntos de química ministrados em sala de aula, após a realização das atividades experimentais.

Mesmo que esta metodologia tenha ganhado espaço por sua grande contribuição para o aprendizado, ela possui como desafio o tempo para execução das práticas que é mais longo e que precisa ser driblado com os currículos extensos da educação básica e exige do aluno habilidades necessárias para a realização das atividades práticas.

Outra limitação desta abordagem, é a insegurança do professor em ministrar este tipo de atuação, pois as atividades experimentais investigativas tem o aluno como protagonista do seu conhecimento e se este não possuir habilidades que atendam este ideal, é interessante que o professor comece com um grau de abertura do tipo A1, até sentir que o aluno esteja totalmente seguro e sinta-se livre para atuar no grau máximo, A3, conforme propõe Leal, Schetinger e Pedroso (2019), em seus estudos.

Os artigos de Diniz *et al*. (2019); Andrade e Zimmer (2021), não apresentam a abordagem das atividades experimentais, pois não foi aplicado a nenhum estudante. No entanto, suas potencialidades e desafios puderam ser analisados para contribuir com a pesquisa. O artigo de Diniz *et al*. (2020) desenvolveu a experimentação para explicar a resolução de um exercício cobrado na prova de Ciências da Natureza e Suas Tecnologias do ENEM, 2017. A ideia de usar questões já conhecidas, desenvolveu uma potente metodologia de ensino, rico em detalhes, para ser aplicado em sala de aula, principalmente porque os autores deste artigo resolveram detalhadamente cada alternativa da questão, deixando a resolução bem concreta, ajudando o aluno a entender cada processo. O grande desafio neste tipo de prática experimental é desenvolver a formação dos conceitos eletroquímicos essenciais para entender a questão.

No artigo de Andrade e Zimmer (2021), propõe-se o desenvolvimento do processo de galvanização, que

acontece no setor industrial, replicando-o em escala de laboratório escolar para simular uma situação real de produção. A maior potencialidade deste artigo é prender a atenção dos estudantes e estimular o interesse pelo aprendizado. O grande desafio está em estimular o raciocínio dos alunos para a construção do conhecimento e estabelecer conexões entre os conceitos e o contexto, fugindo do ensino tradicional. O interessante da proposta destes dois artigos é que o professor pode elaborar muitas questões que irão nortear a prática e até investigar cada etapa dos processos.

Portanto, analisando as práticas experimentais nos artigos, as potencialidades de todas as abordagens superam as limitações. Foi possível analisar que são desvantagens fáceis de driblar e uma alternativa pode ser associar, por exemplo, uma abordagem com outra, como no caso do artigo de Guimarães e Castro (2018) e da última atividade prática do artigo de Leal, Schetinger e Pedroso (2019), onde os autores empregaram a associação da abordagem demonstrativa e investigativa.

Pode-se afirmar que todos os tipos de abordagem apresentadas configuram-se como uma boa opção para trabalhar o conteúdo de eletroquímica, pois tão importante quanto a teoria, a prática experimental se mostra uma aliada eficaz na aprendizagem significativa do aluno em conteúdos complexos, como nesse caso.

O produto educacional, fruto do desenvolvimento deste trabalho é composto de materiais de fácil acesso e roteiros de aulas práticas. O kit, fundamentado nas teorias pedagógicas de Montessori, foi estruturado para permitir ao aluno realizar os experimentos de maneira autônoma, mediante observação do professor.

Os materiais que compõem o kit, são apresentados na figura 1 e são identificados pelas letras de "**a**" a "**m**".



Figura 1: Itens do kit experimental

A caixinha de papelão, identificada por **a**, é um material reutilizado que serve para guardar todos os itens necessários às práticas. Esta caixinha foi desmontada e montada novamente do lado inverso, para ajudar na personalização do kit. Para melhor identificação, três rótulos foram colados na caixa. O modelo pronto é apresentado na figura 2.



Figura 2: Personalização do kit

Os demais itens que fazem parte deste kit, serão apresentados juntamente com a análise das práticas.

Na prática mudando de cor, para realização da atividade, utilizou-se ½ palha de aço (**c**), um copo descartável de 200 mL, transparente e cinquenta mililitros (50 mL) de uma solução de sulfato de cobre penta hidratado ($CuSO_4.5H_2O$) de concentração 0,5 moL/L, aproximadamente (**b**).

A solução foi acondicionada dentro de uma garrafinha de mesmo volume, de modo que o líquido fosse transportado com segurança. Esta foi rotulada com informações de concentração, volume, data de fabricação e validade, conforme apresenta a figura 3.



Figura 3: Rótulo da solução de $CuSO_4.5H_2O$

Desejando evitar qualquer problema relacionado a uso indevido desta solução, foi acrescentado ao rótulo a seguinte observação: "esta solução deve ser utilizada exclusivamente para a prática indicada".

É importante informar que tanto a concentração e o volume da solução apresentada (**b**), quanto o tamanho da palha de aço (**c**), foram padronizados após serem testados e que a escolha destes dois reagentes, aconteceu por causa da mudança de coloração que ocorre na palha de aço (material com

grande concentração de ferro) e na solução de cobre, simultaneamente.

A reação de oxirredução que explica o fenômeno químico desta prática, pode ser representada pela equação global 1:

$$Fe_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} + \cancel{SO_4^{2-}_{(aq)}} \rightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + Cu_{(s)} + \cancel{SO_4^{2-}_{(aq)}} \quad (1)$$

Analisando o processo, observa-se que o ferro oxida ao entrar em contato direto com a solução, pois ele doa seus elétrons para o cobre sofrer a redução. Na prática, observando a figura 4, nota-se os íons cobre reduzindo-se na superfície da palha de aço.



Figura 4: Redução do íon cobre na palha de aço

Para o desenvolvimento da prática da corrosão do ferro, utiliza-se dois pregos novos, do tipo aço polido com cabeça (2,4 x 20 mm) (**e**). A condição dos pregos é para que a ferrugem não interfira nos resultados; dois copos descartáveis de 50 mL, transparente (**f**); 5 mililitros de óleo de soja (**g**); 1 seringa de 10mL (**h**); 10 mL de água fervida, fria e 15 mL de água da torneira.

Neste experimento são montados dois sistemas. Em um deles o prego não terá mais contato com o gás oxigênio, pois antes de colocar o prego na água, esta passa pelo processo de aquecimento até a ebulição, para que todos os gases dissolvidos possam evaporar, principalmente o oxigênio molecular que é um forte agente oxidante.

Para evitar que gases dissolvam novamente na água deste sistema, ele é mantido tapado até esfriar e logo depois de adicionar o prego, uma fina camada de óleo é usada para isolar a dissolução do ar no meio aquoso.

No outro sistema, o prego é deixado em contato direto com a água e o oxigênio. Após aproximadamente 24h que os sistemas foram montados, pode-se perceber que na presença da dupla água e oxigênio, o ambiente ficou propício a ferrugem. O ferro metálico, doou seus elétrons (equação 2) promovendo a redução do gás oxigênio (O_2) (equação 3), que em solução transforma-se em hidróxido de ferro III [$Fe(OH)_3$], conforme apresenta a equação global 4.

Semirreação de oxidação: $2Fe_{(s)} \rightarrow 2\,Fe^{3+}_{(aq)} + 6e^-$ (2)

Semirreação de redução: $3/2O_{2(g)} + 3H_2O_{(l)} + 6e^- \rightarrow 6OH_{(aq)}$ (3)

Reação global: $2Fe_{(s)} + 3/2\,O_{2(g)} + 3H_2O_{(l)} \rightarrow 2\,Fe^{3+}_{(aq)} + 6OH^-_{(a}$ (4)

Para a prática do metal de sacrifício, os itens do kit que são utilizados para realizar os procedimentos desta prática são dois pregos novos, do tipo aço polido com cabeça (2,4 x 20 mm) (**e**); dois copos descartáveis de 50mL, transparente (**f**); uma fita de papel alumínio (1 x 5 cm) (**n**); 5 cm de fio de cobre (1x1 mm) (**m**). Os comprimentos e espessuras do fio de cobre e do papel alumínio foram padronizados após serem testados.

Nesta prática foram montados dois sistemas. Foi possível observar, após 24h do início da prática, que o sistema onde o prego foi enrolado em papel alumínio, não houve corrosão do ferro, diferente do que aconteceu com o prego enrolado no fio de cobre, que sofreu corrosão.

A explicação para o fato observado pode ser concluída ao analisar os potenciais de redução de cada um destes três metais, representado na tabela 2 que apresenta os potenciais de redução destes materiais.

Tabela 2: Potencial padrão de redução (E°)

Semirreações de redução	E° em volts (V)
$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)}$	+ 0,34 V
$Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Fe_{(s)}$	- 0,44 V
$Al^{3+}_{(aq)} + 3e^- \rightarrow Al_{(s)}$	- 1,66 V

Observa-se que o potencial de oxidação do alumínio é maior que do ferro, isso permite que ele tenha preferência em oxidar no lugar dele, portanto, o alumínio funciona como um metal de sacrifício e em contrapartida o cobre não possui a mesma função.

Para realizar a atividade prática que envolve a construção de uma pilha voltaica são necessários seis copos descartáveis de 50mL, transparente (**f**); 5 clipes de metal para papel (**i**); 1 copo descartável de duzentos mililitros (200mL) transparente, calibrado para 120mL, aproximadamente (**d**); 3g de cloreto de sódio (NaCl), encontrado no sal de cozinha (**j**), 5 pedaços de fio de cobre flexível (1x1mm), sem cobertura de 1 cm em cada extremidade, medindo 7 cm cada (**k**); 1 circuito com uma lâmpada de LED, retirado de "pisca-pisca" (**l**).

Para produção da energia neste sistema, foi necessário a existência de dois polos com diferentes potenciais (o ferro presente no clipe de papel e o cobre) e um fio condutor. Para que esta transferência de elétrons fosse possível, a solução eletrolítica de cloreto de sódio funcionou como uma ponte, permitindo a movimentação dos elétrons nas células voltaicas.

O tamanho do fio condutor foi testado e padronizado, pois nem o comprimento e nem a espessura encontraram resistência elétrica, de acordo com a Segunda Lei de *Ohm*, que afirma que quanto maior o comprimento e menor a espessura maior a dificuldade da corrente passar.

A reação observada em cada célula voltaica, pode ser representada pela equação global 12.

$$Fe_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)} + Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^- \quad \Delta E = 0{,}78\ V \qquad (5)$$

Ao analisar esta equação, pode-se inferir que o eletrodo de ferro, polo negativo (ânodo), perde elétrons e consequentemente sofre a oxidação. E o eletrodo de cobre, polo positivo (cátodo), sofre a redução, isto é, recebe os elétrons.

Este processo na teoria, gera 0,78 V de energia, porém na prática, como as condições não obedeceram às condições padrão da IUPAC, a energia gerada foi de 0,61 V, aproximadamente, em cada célula, conforme apresenta a figura 5.

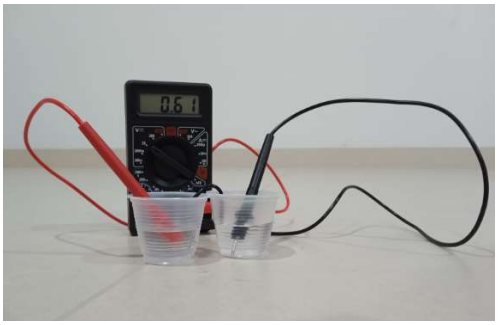


Figura 5: Energia gerada em cada célula voltaica

Como a primeira pilha gerou uma quantidade de energia que não foi suficiente para acender a lâmpada de LED de alto brilho cristalino, que necessita no mínimo de 3 volts, outras pilhas foram sendo ligadas em série até obter uma quantidade adequada de energia, conforme a figura 6.

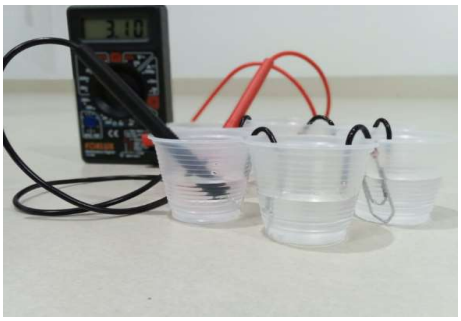


Figura 6: Energia gerada nas pilhas ligadas em série

CONCLUSÃO

Mediante revisão sistemática, construção e análise do kit experimental, pode-se concluir que a experimentação é uma ferramenta eficaz para a compreensão de fenômenos que a eletroquímica propõe-se explicar e que as três abordagens analisadas: demonstração, investigação e verificação, dão enfoques diferentes, porém ambas podem favorecer uma aprendizagem significativa, desde que sua execução seja bem planejada pelo professor.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, meu companheiro inseparável. Acredito fielmente que venci, pois Ele permitiu.

Aos meus queridos familiares que, estiveram presentes em todo processo de estudo.

À professora e orientadora Drª Deyse Gomes da Costa, pelo bom humor, parceria, honestidade, acompanhamento e dedicação.

À todos os docentes Programa de Pós-Graduação em Química em Rede Nacional da Universidade Federal de Viçosa (PROFQUI–UFV), pelo comprometimento, carinho e profissionalismo.

Aos amigos que fiz durante o curso. Muito especiais!

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realizar este mestrado.

E a todos que não declarei aqui de maneira nominal, mas de alguma forma estiveram presentes, me apoiando durante esta caminhada.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, L. V.; ZIMMER, C.G. **Galvanização: uma proposta para o ensino de eletroquímica**. Química Nova na Escola. São Paulo - SP, v.43, n.3, p. 298-304, ago. 2021.

ARAÚJO, M. S. T; ABIB, M. L. V. S. **Atividades Experimentais no Ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v.25, n. 2, 2003.

BARRETO, B. S. J.; BATISTA, C. H.; CRUZ, M. C. P. **Células eletroquímicas, cotidiano e concepções dos educandos**. Química Nova na Escola. São Paulo – SP, v.39, n.1, p. 52-58, 2017.

CARDOSO, T.; ALARCÃO, I.; CELORICO, J. **MAECC®: um caminho para mapear investigação.** Rev. Tecnologia da Informação em Educação: Indagation Didactica, v. 5, n.2, p.289-299, 2013.

CARVALHO, A. M. P. C; VANNUCCHI, A. I.; BARROS, M. A.; GONÇALVES, M. E. R.; REY, R. C. **Ciências no ensino fundamental: o conhecimento físico**. 1.ed. São Paulo: Scipione, 1998, 199p.

CARVALHO, A. M. P. **Ensino e aprendizagem de ciências: referenciais teóricos e dados**

empíricos das sequências de ensino investigativas- (SEI). In: *O uno e o diverso na educação*. Uberlândia: MG: EDUFU. 2011.

CARVALHO, D. M.; DIONÍZIO, D. P.; DIONÍZIO, T. P. **Poluição Química Proveniente Do Descarte Incorreto De Pilhas E Baterias.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 04, ed. 05, v.04, p.141-165, mai. 2019.

DINIZ, B. P.; ALVES, A. S.; LEMES, L. C.; SILVA, L. A.; ALVES, V. A. **Experimentação no ensino de células galvânicas para o Ensino Médio**. Química Nova na Escola. São Paulo - SP, v.42, n.1, p.77-87, fev. 2020.

FRANCISCO JUNIOR, W. E; FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R. **Experimentação Problematizadora: Fundamentos Teóricos e Práticos para a Aplicação em Salas de Aula de Ciências**. Química Nova na Escola, v-, n.30, p.34-41, nov. 2008.

GALIAZZI, M.C; ROCHA, J. M. B. SCHMITZ, L. C.; SOUZA, M. L.; GIESTA, S.; GONÇALVES, F. P. **Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências**. Ciência & Educação, v.7, n.2, p.249-263, 2001.

GIORDAN, M. **O papel da experimentação no ensino de ciências**. Química Nova na Escola. Experimentação e Ensino de Ciências, v-, n.10, p.43-49, 1999.

GOMES, A. D. S. **O uso de software de simulação no ensino da eletroquímica na química do ensino médio**. Revista Docente, v-, n-, p.43-52, 2019.

GUIMARÃES, L. P.; CASTRO, D. L. **A experimentação e a pilha de Daniell numa abordagem demonstrativa-investigativa.** Revista Ciências & Ideias, v.9, n.3, p.195-212, set./dez. 2018. ISSN 2176-1477.

LEAL, R. R.; SCHETINGER, M. R. C.; PEDROSO, G. B. **Experimentação investigativa em eletroquímica e argumentação no ensino médio em uma escola federal em Santa Maria/RS**. Revista de Ensino de Ciência e Matemática, v.10, n.6, p.142-162, 2019.

LIMA, J. O. G. **Perspectivas de novas metodologias no Ensino de Química**. Revista Espaço Acadêmico, v.12, n.136, p.95-101, 2012.

LIMA, K. E. C. **Discurso de professores e documentos sobre o experimento no CECINE (Centro de Ensino do Nordeste) nas décadas de 1960 e 1970.** 2015. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/16014/1/Tese%20Kenio%20Lima%202015%20%20-%20VERS%c3%83O%20IMPRESS%c3%83O.pdf>. Acesso em: 9 jan. 2021.

MAIATO, A. M. **Neurociências e aprendizagem: O papel da experimentação no ensino de ciências.** Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande, 2013. Disponível em: < http://www.argo.furg.br/bdtd/0000010371.pdf>

MODES, C. G.; CERQUEIRA, J. B. S. **A iniciação científica na educação básica à luz das Teorias de Montessori.** Avanços & Olhares, v-, n.6, p. 14-31, 2021. Disponível em: <https://revista.institutoiesa.com/wp-content/uploads/2021/03/artigo-1-6.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2021.

MONTESSORI, M. **A formação do homem**. Tradução de Eunice Arroxelas. Rio de Janeiro: Internacional Portugália Ed. Brasil, 1985.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: um conceito subjacente**. Aprendizagem Significativa em Revista, v.1, n.3, p.25-46, 2011. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID16/v1_n3_a2011.pdf>. Acesso em: 15 out. 2020.

OLIVEIRA, J. R. S. **Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente.** In: Acta Scientiae, v.12, n.1, p. 139-156, jan./jun. 2010.

PRADO, L.; WESENDONK, F. S. **Objetivos de utilização da experimentação presentes em produções acadêmico científicas publicadas nos anais de um evento da área de ensino de ciências.** ACTIO, Curitiba, v.4, n.2, p.148-168, mai./ago. 2019.

SANJUAN, M. E. C.; SANTOS, C. V.; MAIA, J. O.; SILVA, A. F. A.; WARTHA, E. J. **Maresia: uma proposta para o ensino de eletroquímica.** Química Nova na Escola, v.31, n.3, p.190-197, 2009.

SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. **Função Social: o que significa ensino de química para formar o cidadão?** Química Nova na Escola: Química e Cidadania. v-, n. 4, p.28-34, 1996.

SANTOS, M. D.; NAGASHIMA, L. A. **Potencialidades das atividades experimentais no ensino de Química** – Revista de Ensino de Ciência e Matemática, v.8, n.3, p.94-108, 2017.

SANTOS, T. N. P.; BATISTA, C. H.; OLIVEIRA, A. P. C. e CRUZ, M. C. P. **Aprendizagem Ativa-Colaborativo-Interativa: Inter-Relações e Experimentação Investigativa no Ensino de Eletroquímica.** Revista Química Nova na Escola, v.40, n.4, p.258-266, 2018.

SANTOS, A. T.; TAMIASSO-MANTINHON, P.; ROCHA, A. S.; SOUSA, C.; AGOSTINHO, S. M. L. **Experimentação em sala de aula: resultados de uma atividade simples realizada no nível médio para ensino de condutividade elétrica.** Scientia Naturalis, Rio Branco, v.1, n.3, p.209-219, 2019**.**

SANTOS, L. R.; MENEZES, J. A. **A experimentação no ensino de Química: principais abordagens, problemas e desafios.** Revista eletrônica Pesquiseduca. Santos, v.12, n.26, p.180-207, 2020. Disponível em:< https://periodicos.unisantos.br/pesquiseduca/article/view/940/pdf>. Acesso em: jan. 2021.

SILVA, R. M.; SILVA, R. C.; ALMEIDA, M. G. O.; AQUINO, K. A. S. **Conexões entre cinética e eletroquímica: a experimentação na perspectiva de uma aprendizagem significativa.** Química Nova na Escola, v.38, n.3, p.237-243, 2016.

SILVA, J.N.; AMORIM, J. S.; MONTEIRO, L. P.; FREITAS, K. H. G. **Experimentos de baixo custo aplicados ao ensino de química: contribuição ao processo ensino-aprendizagem**. Scientia Plena, v.13, n.1, p.1-11, 2017.

SILVA, A. C. C. Q.; OLIVEIRA, B. M. M.; MAGALHÃES, F. G. R.; NASCIMENTO, F. M. G.; GIRÃO, J. S.; ALMEIDA, J. W.; PORTELA, R. R. **A experimentação no foco da aprendizagem: ensinando eletroquímica de forma fácil e barata.** Conexões, Ciências e Tecnologia. Fortaleza/CE, v.13, n.1, p.8 - 14, mai. 2019.

SILVA, C. C.; FERRI, K. C. F. **Uma sequência didática para o ensino de eletroquímica em cursos técnicos integrados ao ensino médio do IFG**. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v.6, n.5, p.27641-27655, mai. 2020. ISSN 2525-8761.

SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R. **A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química**. Ciência & Cognição. v. 14, n-, p. 50-74, 2009.