UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE QUÍMICA
QUÍMICA INDUSTRIAL

PEDRO HENRIQUE ARAÚJO E SILVA

Oficina de Pilhas e Baterias de corrosão construídas com materiais do cotidiano para estudantes do ensino básico como uma alternativa para o ensino utilizando a experimentação

Uberlândia
2023

PEDRO HENRIQUE ARAÚJO E SILVA

Título do trabalho: Oficina de Pilhas e Baterias de corrosão construídas com materiais do cotidiano para estudantes do ensino básico como uma alternativa para o ensino utilizando a experimentação

Trabalho de Conclusão de Curso da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção de créditos na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso (GQB056).

Orientadora: Profa. Dra. Elaine Kikuti

Uberlândia

2023

PEDRO HENRIQUE ARAÚJO E SILVA

Título do trabalho: Oficina de Pilhas e Baterias de corrosão construídas com materiais do cotidiano para estudantes do ensino básico como uma alternativa para o ensino utilizando a experimentação

Trabalho de Conclusão de Curso da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção de créditos na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso (GQB056).

Área de concentração: Química

Uberlândia, 27 de novembro de 2023

Banca Examinadora:

_____

Profº Dr. Deividi Marcio Marques - UFU

_____

Profª Dra. Elaine Kikuti - UFU

_____

Ms. Ênio da Silva Santos - UFU

Dedico este trabalho a minha mãe, pelo amor,carinho e dedicação.

AGRADECIMENTOS

A minha mãe, Luciana Araújo de Faria, que não mediu esforços para me fornecer as melhores condições de vida, fez de tudo por mim e me mostrou os caminhos para me tornar o homem que sou hoje. Obrigado pelo amor, comprometimento, carinho e todos os outros sentimentos impossíveis de serem expressados nessas folhas. A você eu devo tudo.

A minha avó, Maria Joaquina de Araújo, que apesar de não ser seu filho direto, me tratou, amou e cuidou como se fosse um.

A minha madrinha e padrinho, Janisse Araújo de Faria e Glenio Morgando, pelo carinho, amor e ensinamentos.

A minha orientadora Dra. Elaine Kikuti que também considero minha amiga, pelo conhecimento impagável que adquiri graças aos seus ensinamentos e orientações.

Ao meu amigo Mauricio Honorato de Souza Silva, por mais de uma década de amizade.

Ao professor Ênio que considero um amigo por ter despertado em mim o desejo de estudar Química e ter auxiliado com a realização deste trabalho.

“You have power over your mind - not outside events. Realize this, and you will find strength.”
— Marcus Aurelius, Meditations

RESUMO

Uma oficina de pilhas e baterias de corrosão com materiais do cotidiano foi elaborada para abordar a parte teórica mas principalmente a prática correlacionada com o nosso cotidiano. O ensino de química é intensificado utilizando aulas que envolvem experimentos e a teoria utilizando uma metodologia onde o estudante é o protagonista. A metodologia utilizada na proposta da aplicação da oficina teve sucesso em cativar a atenção dos estudantes gerando uma participação ativa dos mesmos, corroborando pela a quantidade de respostas certas das questões escritas aplicadas em sala de aula, vinte respostas certas dentre um grupo de vinte e dois ou seja 91%, no formulário online. Este resultado foi positivo e o mesmo formulário mostrou como resultado qualitativo que tanto os estudantes quanto o professor regente responsável pela turma concordaram que uma quantidade maior de aulas poderia ser elaborada com um maior tempo de discussão para que o ensino seja mais efetivo. Além disso, a partir dos resultados obtidos demonstrou-se uma tendência dos estudantes, quando estes não têm acesso a mecanismos de pesquisa, de utilizarem conhecimentos já adquiridos para justificar as questões apresentadas ao invés dos novos apresentados pela oficina. Concluiu-se que a oficina teve resultado positivo gerando interesse por parte do professor regente e discentes das escolas em realizar mais vezes esta ação e principalmente gerando aprendizado aos discentes participantes da oficina.

Palavras-chave: pilhas e baterias de corrosão; pilhas e baterias com materiais do cotidiano; Ensino de química

ABSTRACT

A workshop on corrosion in batteries and batteries, using everyday materials, was designed to address both theoretical and practical aspects related to our daily lives. Chemistry education is enhanced through lessons that involve experiments and theory, employing a methodology where the student takes on an active role. The methodology employed in the workshop application was successful in capturing students' attention, evidenced by their active participation and a high level of correct responses — specifically, twenty correct answers out of a group of twenty-two, representing 91%, in the applied questionnaire. This positive outcome was supported by qualitative feedback from both students and the supervising teacher, indicating agreement that more classes could be developed with additional time for more effective teaching.

Moreover, the results showed a trend among students to, when they can't use research mechanisms, utilize previously acquired knowledge to justify the presented questions, as opposed to relying on the new information introduced during the workshop. It was concluded that the workshop had a positive outcome, generating interest from both the supervising teacher and students in repeating this initiative. Most importantly, it contributed to the learning experience for the students who participated in the workshop.

Keywords: corrosion batteries; alternative batteries; Chemistry education

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Imagem 1 -	Habilidades previstas pela Base Nacional Comum Curricular do Ensino Médio de Ciências da Natureza.....	13
Imagem 2 -	Representação do funcionamento de uma pilha de corrosão, íons formados e passagem de corrente elétrica.....	18
Imagem 3 -	Bateria de batata doce.....	24
Imagem 4 -	Bateria de limão.....	24
Imagem 5 -	Bateria de forma de gelo.....	25
Imagem 6 -	Exemplos de respostas da pergunta específica sobre a bateria de batata doce.....	28
Imagem 7	Exemplos de respostas da pergunta específica sobre a bateria de forma de gelo.....	29
Imagem 8 -	Exemplos de respostas da pergunta específica sobre a bateria de limão.....	29
Imagem 9 -	Exemplos de semirreações e equações globais estruturadas por alguns estudantes do colégio A.....	31
Imagem 10 -	Exemplos de semirreações e reações globais estruturadas por alguns alunos do colégio A, incertos da formalização.....	32
Imagem 11 -	Exemplos de valores de potenciais teóricos e experimentais preenchidos pelos estudantes do colégio A.....	33
Imagem 12 -	Exemplos de tabelas de potenciais da escola B.....	34
Imagem 13 -	Compilação de respostas da primeira questão geral dos estudantes.....	35
Imagem 14 -	Gráfico da distribuição de respostas do Colégio B com relação às turmas de segundo e terceiro ano.....	36
Imagem 15 -	Gráfico da distribuição de respostas do Colégio A com relação à turma do terceiro ano.....	37
Imagem 16 -	Gráfico de respostas dos estudantes com relação à primeira questão do formulário de feedback.....	38
Imagem 17 -	Gráfico de respostas dos estudantes com relação à segunda questão do formulário de feedback.....	39

.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Potenciais de oxidação de elementos puros..... 21

Tabela 2 - Tabela de potenciais do colégio A..... 26

Tabela 3 - Tabela de potenciais da escola B..... 27

.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

E.V.A	Etil, Vinil e Acetato
NOX	Número de Oxidação
V	Volts
pH	Potencial Hidrogeniônico
d.d.p	Diferença de potencial elétrico
OH	Hidroxila

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO **12**
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA **16**
3 OBJETIVOS **22**
4 METODOLOGIA **23**
4.1 Elaboração de Experimentos **23**
4.2 Locais de aplicação da oficina **26**
4.3 Plano de Oficina **26**
4.4 Após a oficina **27**
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES **28**
5.1 Resultados da atividade escrita **28**
5.2 Resultados do Formulário de Feedback **38**
5.3 Entrevista com o Professor Regente **40**
5.4 Cientista Mirim **42**
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS **45**
7 REFERÊNCIAS **47**
APÊNDICE A – ATIVIDADE ESCRITA PARA A ESCOLA A **49**
APÊNDICE B – ATIVIDADE ESCRITA PARA A ESCOLA B **55**
APÊNDICE C – FORMULÁRIO DE FEEDBACK **60**
APÊNDICE D – ENTREVISTA COM O PROFESSOR REGENTE **62**

1 INTRODUÇÃO

O tema escolhido é de grande relevância para humanidade devido a propagação do uso de aparelhos eletroeletrônicos portáteis como, celulares, controle remoto, mouses entre outros, pois nestes são utilizados pilhas ou baterias. A área da química que estuda os conteúdos envolvendo o desenvolvimento, o funcionamento e as reações das pilhas e baterias é a eletroquímica, que é desafiadora, pois constantemente é mencionada por docentes e estudantes como tema que representa grande dificuldade no processo ensino-aprendizagem, uma vez que confundem conceitos fundamentais de uma pilha de como o cátodo e o ânodo, eletrodo positivo e negativo. Apesar deste tema ser bem consolidado na literatura é necessário buscar alternativas para auxiliar o ensino e compreensão da eletroquímica, relacionando os fenômenos químicos com o cotidiano e associando teoria e prática de maneira contextualizada. (SANTOS, 2018)

O presente trabalho se trata de um relato de experiência que busca, no geral, elucidar a importância do conhecimento teórico mas principalmente prático de pilhas de corrosão. Além disso, outro objetivo deste trabalho foi de tentar suprir um déficit percebido no plano de ensino do ensino médio, que é a pouca importância dada para esse tipo de sistema químico mas que concomitantemente dialogue com a aplicação das habilidades específicas da área de ciências da natureza e suas tecnologias (EM13CNT301) até (EM13CNT310) da atual Base Nacional Comum Curricular do Ensino Médio (BRASIL, 2018, p.35) (imagem 1).

Imagem 1 – Habilidades previstas pela Base Nacional Comum Curricular do Ensino Médio de Ciências da Natureza.

HABILIDADES
(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.
(EM13CNT302) Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos – interpretando gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, elaborando textos e utilizando diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) –, de modo a promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural.
(EM13CNT303) Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.
(EM13CNT304) Analisar e debater situações controversas sobre a aplicação de conhecimentos da área de Ciências da Natureza (tais como tecnologias do DNA, tratamentos com células-tronco, produção de armamentos, formas de controle de pragas, entre outros), com base em argumentos consistentes, éticos e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista.
(EM13CNT305) Investigar e discutir o uso indevido de conhecimentos das Ciências da Natureza na justificativa de processos de discriminação, segregação e privação de direitos individuais e coletivos para promover a equidade e o respeito à diversidade.
(EM13CNT306) Avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, para justificar o uso de equipamentos e comportamentos de segurança, visando à integridade física, individual e coletiva, e socioambiental.
(EM13CNT307) Analisar as propriedades específicas dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas ou tecnológicas) e/ou propor soluções seguras e sustentáveis.
(EM13CNT308) Analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos, redes de informática e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos.
(EM13CNT309) Analisar questões socioambientais, políticas e econômicas relativas à dependência do mundo atual com relação aos recursos fósseis e discutir a necessidade de introdução de alternativas e novas tecnologias energéticas e de materiais, comparando diferentes tipos de motores e processos de produção de novos materiais.
(EM13CNT310) Investigar e analisar os efeitos de programas de infraestrutura e demais serviços básicos (saneamento, energia elétrica, transporte, telecomunicações, cobertura vacinal, atendimento primário à saúde e produção de alimentos, entre outros) e identificar necessidades locais e/ou regionais em relação a esses serviços, a fim de promover ações que contribuam para a melhoria na qualidade de vida e nas condições de saúde da população.

Fonte: Base Nacional Comum, 2023

Neste trabalho um dos pontos negativos comum que será enfatizado é a falta de motivação por parte dos estudantes com relação ao aprendizado de química uma vez que, mesmo nos dias atuais, a reprodução do conteúdo do livro na lousa é a forma de ensino mais utilizado pelos docentes e na maioria das vezes também o único (BEGO, 2019; CASSIANO e

ECHEVERRÍA, 2014). Além disso, é notável o contexto que este trabalho foi realizado, uma vez que foi desenvolvido durante a introdução do Novo Ensino Médio, o que dificultou a aplicação das aulas práticas devido a redução da carga horária de química no ano letivo das escolas do Ensino Médio no Brasil. Por fim, para fins de elucidação do contexto histórico deste trabalho, os estudantes que tiveram contato com a oficina, foram aqueles que tiveram pouco tempo de sala de aula do Ensino Médio, uma vez que estas turmas foram aquelas afetadas pelo Covid-19 e tiveram grande parte da construção do conhecimento preparativo do nível Médio feitas em casa, com pouco acesso a experimentação. Diante desses três aspectos mencionados anteriormente, a realização deste trabalho na área da educação se demonstrou um desafio.

Ademais, considerando que na sociedade atual momentos de aprendizagem offline (com o professor) e momentos online (estudantes utilizando as mídias que dispõe) são uma realidade, o aspecto online e offline do trabalho tem um papel importante para o estudante em seu desenvolvimento social crítico, já que quando desafiado a construir seu próprio conhecimento em uma área como a química, que é de difícil entendimento, o estudante no momento online desenvolve seu aprendizado individual e aperfeiçoa sua capacidade de tomada de decisões e no momento offline ele desenvolve sua capacidade de seguir um processo de raciocínio apresentado a ele por outra pessoa, desenvolve sua interação social e desenvolve sua capacidade de seguir instruções e orientações (SANTOS, 2018). É necessário também, entender que a teoria e prática, conteúdo e método são pares que se coexistem e quando utilizados em conjunto da forma correta a construção do conhecimento se torna mais eficiente (MORI, 2014).

O presente trabalho vem de encontro com esta problemática de falta de interesse dos alunos, carga horária de ensino de química reduzida no novo ensino médio, pouca abordagem nas pilhas de corrosão e a escassez de métodos mais interativos de se aprender química. E levando em conta que a aprendizagem por meio da experimentação e questionamento tem sido mais relevante para uma compreensão mais ampla e profunda. Neste contexto, este trabalho pretende contribuir tanto com o enriquecimento teórico como também com o de conhecimento de mundo dos discentes reforçando a aprendizagem pela experimentação e questionamento proporcionando a participação direta do estudante por incentivo do professor para que haja a realização de perguntas feitas pelos estudantes para que os mesmos construam os conceitos e sentam a valorização de suas opiniões para integrá-las na construção do conhecimento de forma mais eficiente (Bacich e Moran, 2018; LEÃO, 1999)

Desta forma, uma oficina foi elaborada e aplicada com o tema de “Pilhas e Baterias de corrosão com materiais do cotidiano”. Nesta oficina, das habilidades da Base Nacional Comum mencionadas anteriormente foram trabalhadas as seguintes: EM13CNT301, EM13CNT302, EM13CNT303, EM13CNT306, EM13CNT307 e EM13CNT30.

Na elaboração foi pensada uma abordagem utilizando a experimentação com materiais do cotidiano e de baixo custo, com a finalidade de que o conhecimento criado a partir da contextualização com o cotidiano relacionando aos conteúdos da eletroquímica na prática fosse consolidado no aprendizado dos discentes. Além disso, de modo a respeitar a relação entre teoria e prática mencionada anteriormente e assim tornar a construção de novos conceitos eficiente e excitante para os alunos, durante toda a oficina conforme os conceitos eram trabalhados com os estudantes, o professor instigou a reflexão dos estudantes por alguns minutos para que eles conseguissem construir seus próprios conhecimentos, procurava a todo momento fazer com que os estudantes fizessem a relação entre a prática e a teoria, utilizava de exemplos para que os estudantes pudessem integrar os conhecimentos científicos trabalhados com suas vidas de forma que esses conhecimentos tivessem significado para eles. (LIMA, 2004)

Contudo, esta abordagem demonstrou ser uma aplicação desafiadora pois segundo LIMA, 2004, os estudantes têm uma visão muito fragmentada sobre os temas de química e física, englobados na eletroquímica, e o mundo real, o que torna um desafio fazer com que os participantes da oficina consigam relacionar as baterias de corrosão a realidade deles.

Um aspecto importante da metodologia de ensino da oficina é que as práticas foram escolhidas de modo que a aprendizagem escolar fosse ligada aos acontecimentos do mundo; segundo MORI, 2014, ensinar ciências por meio da experimentação se impõe como uma necessidade, pois contribui para explicitar a relação dialética entre teoria e prática. Assim, deve-se ter em mente que apesar dos resultados deste trabalho servirem para um relato, o método de ensino para os estudantes não será feita com foco em apenas na obtenção dos dados necessários para se formular resultados; o ensino da teoria e prática por trás desses 3 experimentos foi feito de modo a respeitar as especificidades didáticas. Em outras palavras, foram utilizados da explicação teórica e demonstração prática das teorias de pilhas e baterias de corrosão visando a apropriação do conhecimento científico pelos estudantes. É importante mencionar que o conhecimento teórico necessário para a realização da oficina engloba os conceitos da pilha de Daniell, que é um assunto muito estudado nos anos finais do ensino médio, e das pilhas e baterias de corrosão, incluindo toda a parte de reações de oxirredução que são indispensáveis para o entendimento desses dois tipos de dispositivos.

As pilhas de corrosão mesmo sendo as que estão presente no dia a dia das pessoas são pouco exploradas e trabalhadas na sala de aula; essa ausência dificulta a relação do conhecimento estudado em sala de aula com o cotidiano. Para contribuir oferecendo um maior contato com esses sistemas eletroquímicos presente na realidade de todos, a oficina com experimentação teve foco exclusivo nesse tipo de pilha/bateria que envolve materiais do cotidiano, portanto não expõe o estudante a nenhum tipo de risco de saúde e é de simples entendimento e montagem. Essa oficina foi ministrada em duas escolas de ensino médio, uma delas foi escolhida devido a familiaridade e fácil acesso para o executor do projeto pela sua formação desde o fundamental até o ensino médio ter sido lá, que será referida como escola A e a outra escola por ter contato com o professor de química do Ensino Médio, que será referida como escola B. Posteriormente, a oficina foi adaptada para fazer uma divulgação científica e ser aplicada no laboratório da universidade para estudantes do 4º ano do ensino fundamental em colaboração com o projeto Cientista Mirim do IQ-UFU.

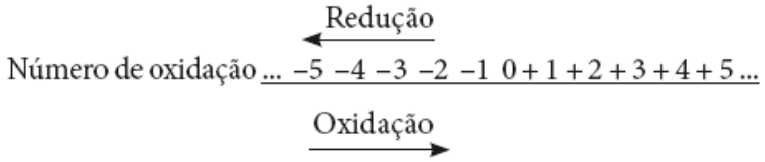
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para que seja entendida uma pilha de corrosão, é necessário primeiro ter um conhecimento prévio de reações de oxi-redução. As reações redox são de imensa importância, por nortearem muitos processos bioquímicos e industriais por serem elas as principais reações de geração de eletricidade por intermédio de reações químicas (ATKINS, 2017).

Um importante aspecto da reação de oxirredução é que há uma transferência de elétrons de um reagente para o outro e pode ser dividida em duas outras semirreações que demonstram qual espécie ganha elétron e qual os perde. (SKOOG, DOUGLAS A.WEST, DONALD M.; HOLLER, F J.; et al, 2006). Essa perda e ganho de elétron modificar totalmente uma espécie química e em específico a oxidação pode ser apresentada utilizando a equação geral de oxidação como mostrada abaixo (GENTIL, 1994):

$$metal \rightarrow Ion + ne \; (n = n\acute{u}mero\ de\ el\acute{e}trons\ perdido\ pelo\ metal)$$

Além desta representação, de maneira simplificada é possível definir oxidação como o aumento algébrico do número de oxidação (nox) e também a redução como a diminuição algébrica do número de oxidação e podem ser representados de maneira didática pela seguinte escala:



Fonte: Gentil, 1994

Um exemplo de reação que envolve os conceitos de redução e oxidação é a de redução íons prata na presença de cobre metálico a seguir:

1. $2Ag^{+} + 2e^{-} \rightleftharpoons 2Ag_{(s)}$
2. $Cu_{(s)} \rightleftharpoons Cu^{2+} + 2e^{-}$
3. $2\ Ag^{+} + Cu_{(s)} \rightleftharpoons 2\ Ag_{(s)} + Cu^{2+}$

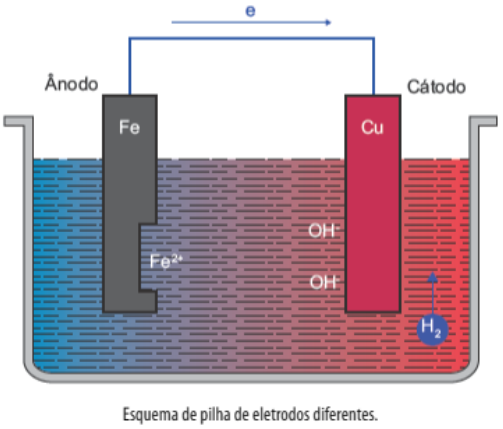
Em (1) temos a semirreação direta de redução de um íon de prata de nox +1 para nox 0 e em (2) temos a semirreação direta de oxidação do cobre sólido de nox 0 para nox +2, assim formando o íon Cu^{2+}. A partir do balanceamento e da soma dessas duas semirreações obtemos a equação iônica líquida para o processo global em (3). Esse é o mesmo princípio que ocorre na pilha de Daniell, porém com outras espécies envolvidas na reação. A partir das reações redox é possível compreender o funcionamento de uma célula eletroquímica, sendo a pilha de corrosão mencionada anteriormente um tipo de célula eletroquímica, um dos principais objetos de estudo deste trabalho.

Uma célula eletroquímica consiste em um dispositivo montado para que seja possível gerar trabalho útil a partir de reação química ou realizar a reação inversa a partir da imposição de energia. Para tal, este dispositivo deve conter além das espécies reagentes, os condutores de elétrons (metal ou grafita, por exemplo) mergulhados em um eletrólito (um condutor iônico), que pode ser uma solução, um líquido ou um sólido dispostos de maneira que as semirreações ocorram em locais separados e os elétrons possam fluir pelos condutores de elétrons. (ATKINS, 2017, p. 190). A partir deste esquema, o entendimento de uma pilha de corrosão se torna natural uma vez que esta nada mais é que uma célula eletroquímica do tipo galvânica, que segue este padrão de montagem e produz eletricidade como resultado de uma reação espontânea de oxirredução.

No caso da pilha de corrosão galvânica, os dois eletrodos são de metais diferentes, portanto, com potenciais padrão de redução diferentes. Estes são imersos em uma mesma

solução eletrolítica, condutor de íons, e os eletrodos são conectados por fio condutor, os condutores de elétrons, representados pela letra e na figura abaixo (imagem 2). A solução age como condutor de íons sejam eles próprios da solução eletrolítica ou íons formados durante a reação espontânea do sistema.

Imagem 2 – Representação do funcionamento de uma pilha de corrosão, íons formados e passagem de corrente elétrica.



Fonte: Gentil, 1994.

Por se tratarem de dois metais diferentes, no momento que esses metais são ligados por um condutor eletrônico, nesse caso um fio metálico, uma diferença de potencial é gerada nesses metais e consequentemente um tende a reduzir e outro a oxidar, criando assim uma transferência de elétrons do metal que está sofrendo oxidação para o metal que reduzirá, isso é chamado de fluxo líquido de carga, que está presente nas reações redox e pode ser medida em Volts, cujo o símbolo é o V. Neste momento fica claro que o polo positivo é aquele que recebe os elétrons e o polo negativo que é aquele que fornece os elétrons.

Neste caso, a solução eletrolítica em que os eletrodos estão imersos não possui íons dos metais que compõem os eletrodos que poderiam ser reduzidos ao metal em sua forma sólida então ao invés de um eletrodo passar pelo processo de oxidação e o outro sofrer redução, haverá a oxidação de um dos eletrodos mas não haverá a redução do outro mas sim, de uma espécie presente na solução eletrolítica que irá receber os elétrons, ou seja, sofrerá redução. Assim, o oxigênio gasoso que está dissolvido na solução eletrolítica reduzirá a hidroxila ou um íon hidrônio reduzirá a gás hidrogênio. No caso da Imagem 1, na reação catódica (3) acontece a formação de íons hidroxila que consome elétrons possibilitada pela reação anódica de oxidação do ferro (4) que gera esses elétrons, tendo como reação global (5).

3. $\frac{1}{2}O_{2(g)} + H_2O_{(l)} + 2e^- \rightarrow 2OH^-_{(aq)}$
4. $Fe(s) \rightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^-$
5. $Fe(s) + \frac{1}{2}O_{2(g)} + H_2O_{(l)} \rightarrow 2OH^-_{(aq)} + Fe^{2+}_{(aq)}$

É importante ressaltar que pilhas ligadas em série ou em paralelo, ou seja, células eletroquímicas associadas umas nas outras são definidas como uma bateria (BOCCHI, 2000) por esse motivo cada experimento montado se trata de uma bateria de corrosão.

Neste trabalho, foram utilizadas três tipos diferentes de baterias de corrosão feitas a partir de materiais de fácil acesso, sendo elas, a bateria de limões, outra feita utilizando fatias de batata doce na terceira utilizamos uma forma de gelo contendo solução de Cloreto de sódio (sal de cozinha) e pedações de fios e pregos para trabalhar todos os conceitos presentes desses sistemas montados com os mesmos materiais de eletrodos. Para observar esse fenômeno de redução de outra espécie do sistema que não era a mesma dos eletrodos em todas as três baterias. Além disso, observar como a mudança de pH do meio eletrolítico para valores mais baixos quando utiliza-se o limão muda a semirreação de redução e a geração de íons OH^- não será mais observada e no seu lugar será semirreação de geração de hidrogênio gasoso, entre outros eventos são relevantes para o entendimento desses sistemas.

Na bateria de limão quem sofreu redução foi o íon hidrônio presente no meio ácido do limão seguindo as seguintes reações. Sendo (6) a reação de oxidação do eletrodo de zinco, (7) a reação de redução do $H^+_{(aq)}$ do íon hidrônio em gás hidrogênio e (8) a equação global:

6. $Fe_{(s)} \rightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^-$
7. $2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)}$
8. $Fe_{(s)} + 2H^+_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)}$

Na bateria de batata doce esse fenômeno ocorreu com a redução do oxigênio presente na água dentro da batata como demonstrado pelas seguintes reações. Sendo (9) a reação oxidação do zinco, um eletrodo da bateria, (10) a redução do oxigênio, e (11) a equação global:

9. $2Zn_{(s)} \rightarrow 2Zn^{2+}_{(aq)} + 4e^- \ (E^o_{(oxi)} = 0,76\ V)$

10. $O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} + 4e^- \rightarrow 4OH^-_{(aq)}$ $(E^o_{red} = 0,40\ V)$

11. $2Zn_{(s)} + O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2Zn^{2+}_{(aq)} + 4OH^-_{(aq)}$ $(E^o = 1,16\ V)$

Na bateria de forma de gelo, temos um sistema similar ao da batata doce, na qual a espécie que está reduzindo também é o oxigênio presente na água de cada divisória da forma como demonstrado nas reações a seguir, contudo, o que diferencia da bateria de batata doce é que por se tratar de um sistema aquoso, no qual era fácil o acesso a solução eletrolítica, o indicador Fenolftaleína foi utilizado para demonstrar a produção de hidroxila que aumenta o pH do meio e também utilizou-se um LED vermelho para mostrar o sistema funcionando. Desta forma, temos em (12) a reação de oxidação do eletrodo de zinco, (13) a redução do oxigênio em hidroxila e (14) a equação global:

12. $2Zn_{(s)} \rightarrow 2Zn^{2+}_{(aq)} + 4e^-$ $(E^o_{(oxi)} = 0,76\ V)$

13. $O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} + 4e^- \rightarrow 4OH^-_{(aq)}$ $(E^o_{red} = 0,40\ V)$

14. $2Zn_{(s)} + O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2Zn^{2+}_{(aq)} + 4OH^-_{(aq)}$ $(E^o = 1,16\ V)$

Vale ressaltar que nos três experimentos os eletrodos onde ocorre a semirreação de oxidação foram todos de ligas de zinco (polo negativo), enquanto que os eletrodos que serviram como superfície para semirreação de redução (polo positivo) eram de cobre ou ligas de cobre. Esse fato é importante já que os potenciais de oxidação tabelados (Tabela 1) são baseados em reações de oxirredução de materiais puros, ou seja, a d.d.p. produzida por uma reação de oxirredução de um eletrodo de liga será diferente da produzida por uma reação de oxidação de um eletrodo de zinco puro.

Tabela 1 – Potenciais de oxidação de elementos puros.

Tabela 9.3
Potenciais-padrão a 25 °C

Meia reação de redução				$E°/V$
Agente oxidante			Agente redutor	
Muito oxidantes				
F_2	$+2e^-$	→	$2F^-$	+2,87
$S_2O_8^{2-}$	$+2e^-$	→	$2SO_4^{2-}$	+2,05
Au+	$+e^-$	→	Au	+1,69
Pb^{4+}	$+2e^-$	→	Pb^{2+}	+1,67
Ce^{4+}	$+e^-$	→	Ce^{3+}	+1,61
$MnO_4^- + 8H^+$	$+5e^-$	→	$Mn^{2+} + 4H_2O$	+1,51
Cl^2	$+2e^-$	→	$2Cl^-$	+1,36
$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+$	$+6e^-$	→	$2Cr^{3+} + 7H_2O$	+1,33
$O_2 + 4H^+$	$+4e^-$	→	$2H_2O$	+1,23, +0,81 em pH = 7
Br_2	$+2e^-$	→	$2Br^-$	+1,09
Ag^+	$+e^-$	→	Ag	+0,80
Fe^{3+}	$+e^-$	→	Fe^{2+}	+0,77
I_2	$+e^-$	→	$2I^-$	+0,54
$O_2 + 2H_2O$	$+4e^-$	→	$4OH^-$	+0,40, +0,81 em pH = 7
Cu^{2+}	$+2e^-$	→	Cu	+0,34
AgCl	$+e^-$	→	$Ag + Cl^-$	+0,22
$2H^+$	$+2e^-$	→	H_2	0, por definição
Fe^{3+}	$+3e^-$	→	Fe	-0,04
$O_2 + H_2O$	$+2e^-$	→	$HO_2^- + OH^-$	-0,08
Pb^{2+}	$+2e^-$	→	Pb	-0,13
sn^{2+}	$+2e^-$	→	sn	-0,14
Fe^{2+}	$+2e^-$	→	Fe	-0,44
Zn^{2+}	$+2e^-$	→	Zn	-0,76
$2H_2O$	$+2e^-$	→	$H_2 + 2OH^-$	-0,83, −0,42 em pH = 7
Al^{3+}	$+3e^-$	→	Al	-1,66
Mg^{2+}	$+2e^-$	→	Mg	-2,36
Na^+	$+e^-$	→	Na	-2,71
Ca^{2+}	$+2e^-$	→	Ca	-2,87
K^+	$+e^-$	→	K	-2,93
Li^+	$+e^-$	→	Li	-3,05
			Muito redutores	

Para consultar uma tabela mais completa, veja a *Seção de dados*.

Fonte: ATKINS, 2017

A partir desses conceitos para elaboração da oficina a partir da montagem dessas baterias mencionadas, o presente trabalho teve o foco de valorizar a participação direta do discente por meio do incentivo para realização de perguntas para construção de conceitos e ao mesmo tempo de valorizar a opinião deles para integrar essas opiniões conforme a sequência didática a ser realizada. Desta forma contribuir com uma proposta para auxiliar os professores da educação básica no ensino de eletroquímica com experimentação envolvendo a teoria e a prática relacionando com o cotidiano. E por fim, trazer de forma interessante um conteúdo tão

complexo para conseguirem solidificar conceitos que antes eram abstratos e pouco trabalhados sobre as pilhas/baterias de corrosão.

3 OBJETIVOS

Elaborar e aplicar uma proposta de ensino de química utilizando a experimentação para estudantes da educação básica utilizando uma oficina de pilhas e baterias de corrosão com materiais do cotidiano.

4 METODOLOGIA

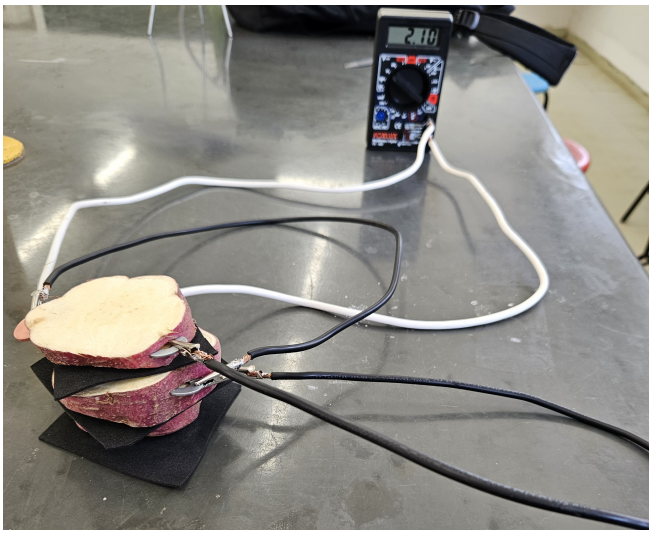
4.1 Elaboração de Experimentos

Para o presente estudo, foram preparados três experimentos que envolvem conceitos de eletroquímica aplicada em baterias com materiais alternativos como forma de cumprir um dos objetivos deste trabalho que é a contribuir com consolidação do conhecimento produzido pelos estudantes já que o ensino e a aprendizagem de Ciências requerem processos de teorização, construção e reconstrução de modelos que possibilitem a interpretação e a elaboração de explicações por parte dos estudantes segundo (Souza e Cardoso, 2008). Assim, para garantir que os estudantes tivessem uma base teórica suficiente para entender como uma bateria de corrosão funciona, o conhecimento prévio dos estudantes foi medido a partir de um diálogo com o professor regente, onde este informou que os alunos já tinham estudado os conceitos de reações de oxi-redução, pilha de Daniel e iriam passar de maneira mais abrangente sobre o tema de pilhas de corrosão.

Esses experimentos foram seguindo as orientações, adaptadas, descritas por Netto (1999) e Gouveia (2011) para a montagem da pilha de batata, por Silva (2003) para a pilha de limão e pelo vídeo “A bateria mais simples do mundo: bateria de forma de gelo”, do Manual do mundo para a bateria de forma de gelo.

A primeira bateria montada foi utilizando a batata doce, onde foi cortada em fatias e empilhadas, intercalando-se retalhos de Acetileno Acetato de Vinila - E.V.A com as 3 fatias da batata. Os eletrodos metálicos usados foram moedas de 5 centavos, para simular um eletrodo de cobre e arruelas, para simular um eletrodo de zinco, já que ambos se tratam de ligas de cobre e zinco respectivamente que foram colocadas em contato com as batatas de forma que ficassem ligadas em série como mostrado na próxima foto (imagem 3).

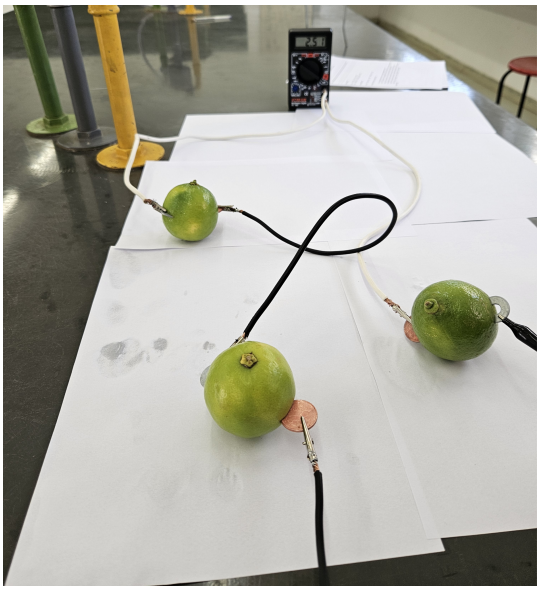
Imagem 3 – Bateria de batata doce



Fonte: O Autor.

A segunda bateria utilizada nos experimentos foi a bateria de limão que utilizou os mesmos eletrodos, as arruelas zincadas e moedas. Os 3 limões foram conectados com ajuda dos fios conectados às arruelas e moedas de forma que ficassem ligadas em série mostrado na foto a seguir (imagem 4).

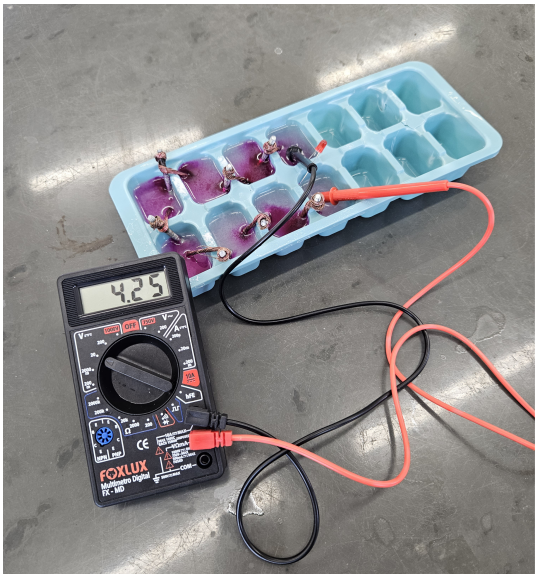
Imagem 4 – Bateria de limão



Fonte: O Autor.

A terceira foi a de forma de gelo, que utilizou como eletrodos os parafusos zincados e fios de cobre “amarrados” juntos em forma de V imersos em cada compartimento de gelo de modo que ficassem alternados entre cobre e zinco. Dentro de cada compartimento de gelo foi colocado uma solução aquosa com sal de cozinha para agir como eletrólito para propiciar a mobilidade iônica necessária para permitir o fluxo de corrente. Fenolftaleína foi adicionado nos compartimentos para demonstrar aos estudantes que a semi reação de redução do oxigênio presente na água leva a produção de OH^-, que é identificado pela coloração rosa na solução iônica. Foram utilizados 8 compartimentos em série para simular oito células eletroquímicas de corrosão como demonstrado na foto (imagem 5).

Imagem 5 – Bateria de forma de gelo



Fonte: O Autor

Após concluída a fase de montar e testar as baterias com materiais alternativos, montou-se roteiro e formulário de perguntas para que estas fossem entregues para estudantes do ensino médio. Inicialmente, o formador desenvolve oralmente o assunto, dialogando sobre o conteúdo, a informação de partida, a estruturação do raciocínio e o que os estudantes esperavam obter de resultado. A dinâmica e sequência didática da oficina foi discutida e alinhada com o professor regente da disciplina de química das escolas parceiras.

4.2 Locais de aplicação da oficina

As oficinas foram realizadas em duas escolas diferentes na cidade de Uberlândia situada no estado de Minas Gerais. No Colégio A, a oficina foi aplicada para os estudantes do 3º ano do Ensino Médio e no Colégio B para os estudantes do 2º e 3º ano do Ensino Médio. Além destas escolas, a oficina foi adaptada para fazer divulgação científica como parte do projeto "Cientista Mirim" realizado no laboratório de ensino na UFU para os estudantes do Ensino Fundamental.

4.3 Plano de Oficina

A foi planejada com dinâmica de um diálogo de 50 minutos, as baterias de corrosão com materiais alternativos foram apresentadas, seus conceitos discutidos com os estudantes, tendo um momento de escuta. Posteriormente, foi demonstrado o funcionamento das baterias e os valores de d.d.p. medidos em um multímetro.

Para cada experimento foram realizadas perguntas conceituais, sendo uma delas acerca de qual espécie química estaria reduzindo e qual estaria oxidando de forma escrita para o colégio A e para o colégio B de forma oral, outra específica para cada bateria para ambos os colégios e a última para formalizar a reação global com o cálculo da diferença de potencial-d.d.p que seria gerado nas condições padrão para o colégio A e para o colégio B de forma oral.

No fim da atividade, para os estudantes do colégio A foi solicitado o preenchimento de um relato com uma tabela, como a Tabela 2 abaixo, com os valores de d.d.p teórico e experimental para cada experimento juntamente com três perguntas envolvendo conceitos de pilhas e baterias de corrosão trabalhados na oficina, que eram: o porquê da diferença de valores teóricos e práticos de d.d.p, como eletrodos de mesmo material poderiam interferir no funcionamento do sistema e um questionamento sobre o uso de eletrodos idênticos para os 3 sistemas gerarem medidas de d.d.p diferentes.

Tabela 2 – Tabela de potenciais da escola A

	Pilha de batata doce	Pilha de forma de gelo	Pilha de limão
d.d.p teórico			
d.d.p experimental			

Fonte: O autor

Para o colégio B foi solicitado o preenchimento de uma tabela semelhante, como a Tabela 3 abaixo, que focou nos potenciais medidos nos experimentos, surgimento de um potencial negativo e adaptou a questão da medida de potencial entre metais idênticos da escola A. Também duas das mesmas questões do colégio A, de diferença de valores teóricos e práticos de d.d.p e eletrodos feitos de metais idênticos para os 3 sistemas gerarem medidas de d.d.p diferentes.

Tabela 3 – Tabela de potenciais da escola B

	Pilha de batata doce	Pilha de forma de gelo	Pilha de limão
d.d.p de Zn ligado a Cu observado			
d.d.p de Zn ligado a Zn observado			
d.d.p de Cu ligado a Zn observado			
d.d.p de Cu ligado a Cu esperado			

Fonte: O autor

4.4 Após a oficina

Foi solicitado o preenchimento voluntário de um formulário de feedback utilizando a plataforma Google Forms para que os estudantes pudessem avaliar sua experiência com relação a oficina. Este questionário era composto por 4 perguntas, sendo a primeira pergunta de sim ou não, que questionava se a oficina ajudou a entender os conceitos sobre pilhas e baterias. Outra, sendo teórica de múltipla escolha, sobre o que poderia influenciar o valor de potencial (d.d.p) medido em uma bateria. Uma questão aberta de sugestão para melhoria da oficina e por fim uma questão aberta perguntando sobre o que os estudantes acharam da oficina.

Na última etapa deste trabalho, foi realizada uma entrevista com o professor regente das turma que colaborou para que a ação acontecesse nas escolas parceiras. Esta versava sobre as expectativas do professor quanto a essa atividade e se estas foram atendidas. O quanto a atividade foi significante para os estudantes entenderem melhor o funcionamento de baterias,

se a oficina contribuiu para a percepção dos estudantes de como a eletroquímica está presente no nosso dia-a-dia e por fim o que poderia ser melhorado na oficina.

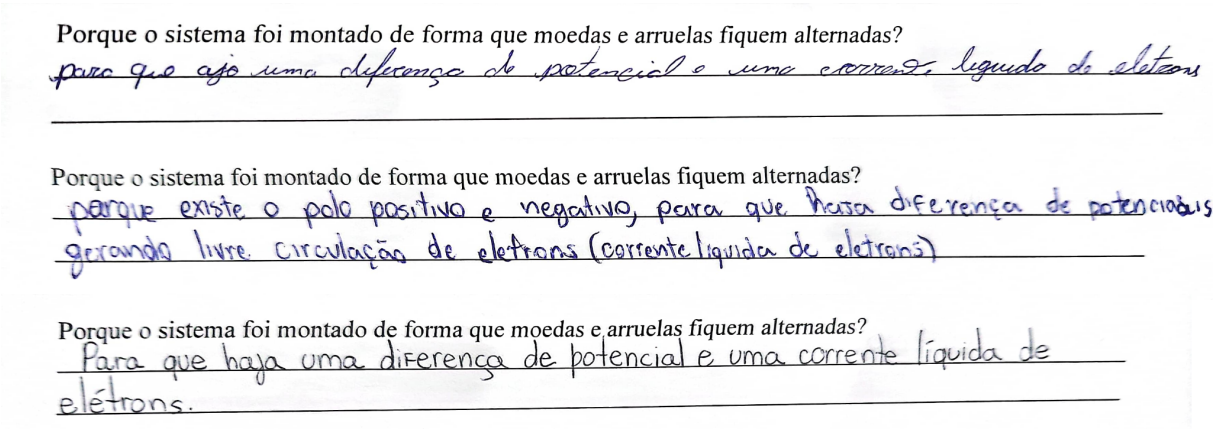
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Resultados da atividade escrita

Este capítulo apresenta os resultados da atividade escrita feita logo após a discussão teórica, os resultados dos formulários de feedback e a posição do professor regente que colaborou com a elaboração da sequência didática e dinâmica da oficina.

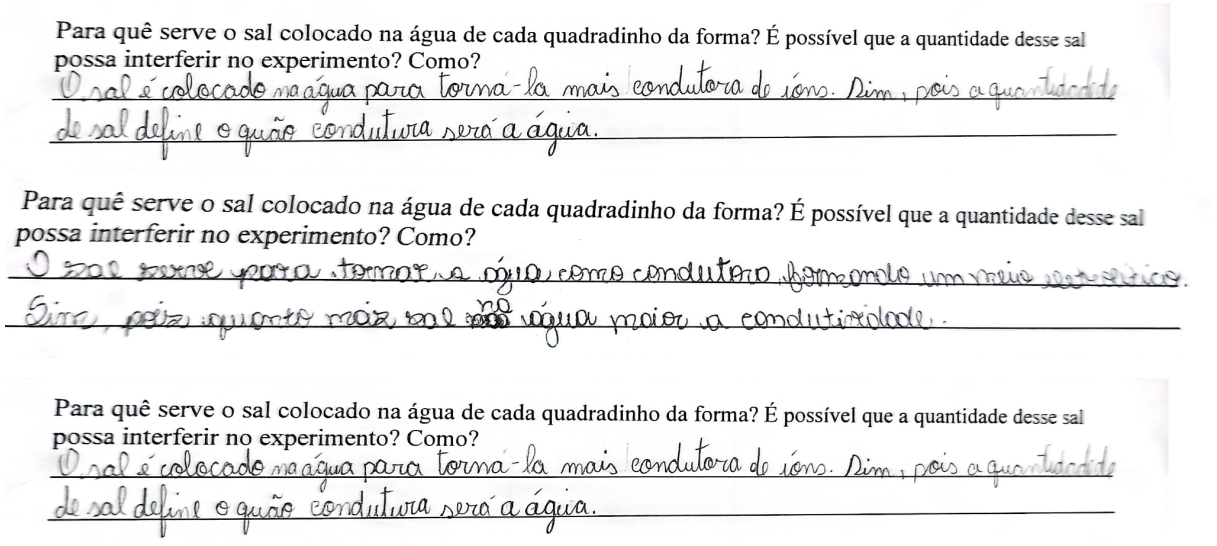
A partir da análise da atividade escrita foi possível obter os dados do quão esclarecedor foi a oficina para os estudantes. Foi possível notar algumas tendências que as três turmas, que no total eram cinquenta e seis estudantes, tinham quanto aos conceitos de pilhas de corrosão, sendo estas de terem uma maior dificuldade com os detalhes das reações de oxirredução, se basearem em conceitos mais solidificados como de pureza para justificar variância de potenciais e se saírem melhor nas questões que os conceitos previamente adquiridos da pilha de Daniell eram suficientes. No geral, os estudantes foram capazes de responder a pergunta conceitual sobre cada uma das baterias trabalhadas, todos conseguiram justificar a montagem da bateria de batata doce com as moedas e arruelas alternadas (imagem 6) também foram capazes de compreender o papel do sal e como sua quantidade interfere no experimento da forma de gelo (imagem 7) e por fim identificaram qual gás estava sendo formado na bateria de limão (imagem 8).

Imagem 6 – Exemplos de respostas da pergunta específica sobre a bateria de batata doce



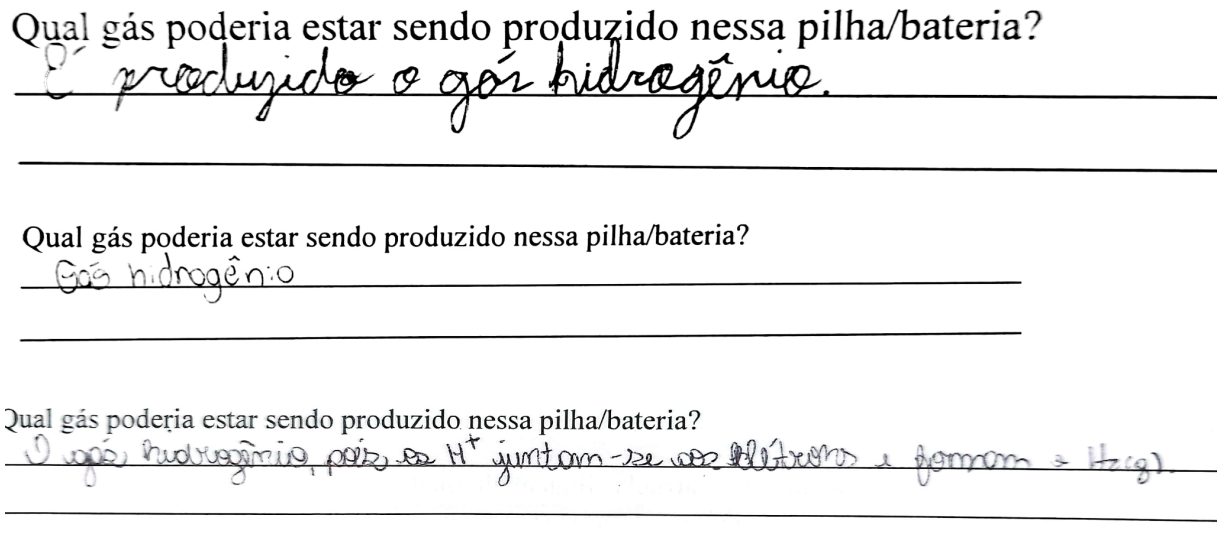
Fonte: Os estudantes, compilado pelo Autor.

Imagem 7 – Exemplos de respostas da pergunta específica sobre a bateria de forma de gelo



Fonte: Os estudantes, compilado pelo Autor.

Imagem 8 – Exemplos de respostas da pergunta específicas sobre a bateria de limão

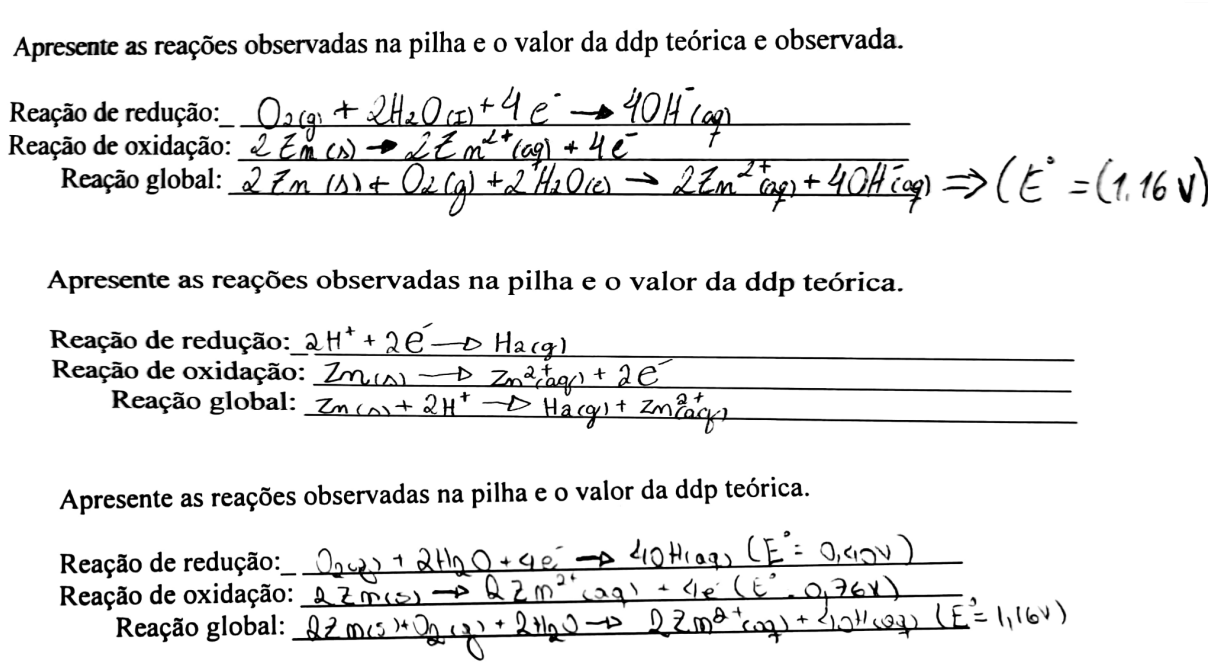


Fonte: Os estudantes, compilado pelo Autor.

Era esperado dos estudantes que eles conseguissem responder essas perguntas com uma maior facilidade visto que durante a explicação teórica de cada experimento essas perguntas já tinham sido feitas pelo professor e respondidas por alguns estudantes escolhidos aleatoriamente. Justamente, foi isso que ocorreu, e todos os alunos deram respostas que eram esperadas pelo aplicador da atividade, sendo consideradas certas respostas aquelas que: Em relação a questão da bateria de batata doce utilizaram o conceito de diferença de potencial, em relação a bateria de forma de gelo, o sal servir para formação de um meio de movimentação de íons e que uma maior quantidade de sal ajudaria nessa mobilidade iônica e por fim em relação a bateria de limão, formação de gás hidrogênio independente da representação do gás.

Com relação à terceira questão teórica de identificação de semirreações de oxidação, redução e equação global de cada bateria aplicada para o colégio A, nenhum dos estudantes conseguiu escrever todas as semirreações e reações globais sem algum erro, por exemplo, erro de estado da matéria ou quanto à reagentes ou produtos ou potenciais de cada semirreação. Por outro lado, todos os estudantes do colégio A foram capazes de identificar quais espécies reduzem e quais metais oxidam nas três baterias de forma escrita, na atividade e os estudantes do colégio B também conseguiram fazer essa identificação de forma oral. Contudo, como esse estudo busca principalmente o aprendizado dos estudantes é perceptível que apesar da dificuldade da formalização das reações que engloba todos esses detalhes e minimalismos, alguns alunos foram capazes de expor as semirreações de uma forma exímia (imagem 9), demonstrando um entendimento considerável da teoria trabalhada pela oficina.

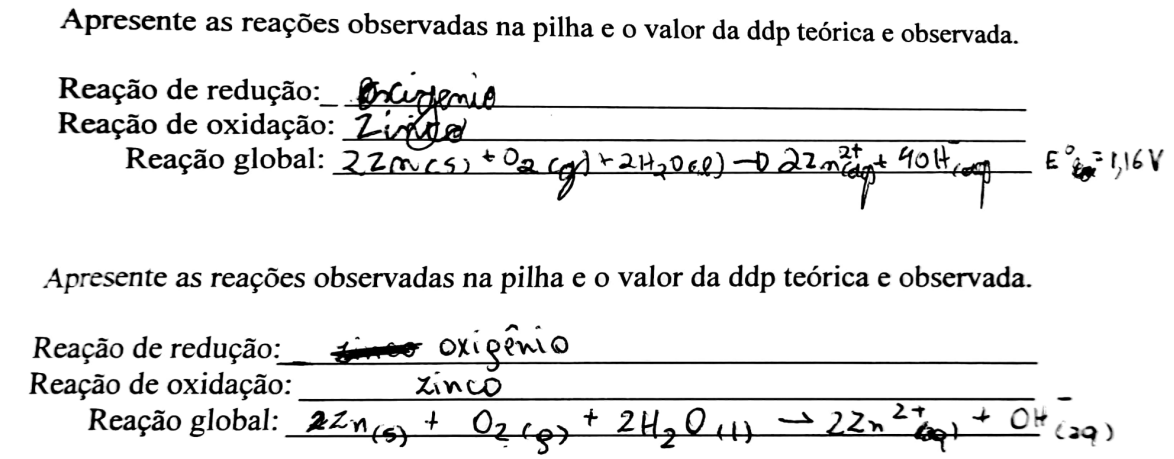
Imagem 9 – Exemplos de semirreações e equações globais estruturadas por alguns estudantes do colégio A.



Fonte: Os estudantes, compilado pelo Autor.

Outros, mesmo não conseguindo escrever as reações de maneira formal, demonstraram entender o conceito químico das reações, sendo incertos apenas na demonstração do conhecimento adquirido (imagem 10), também demonstrando um entendimento considerável da teoria por trás dos experimentos.

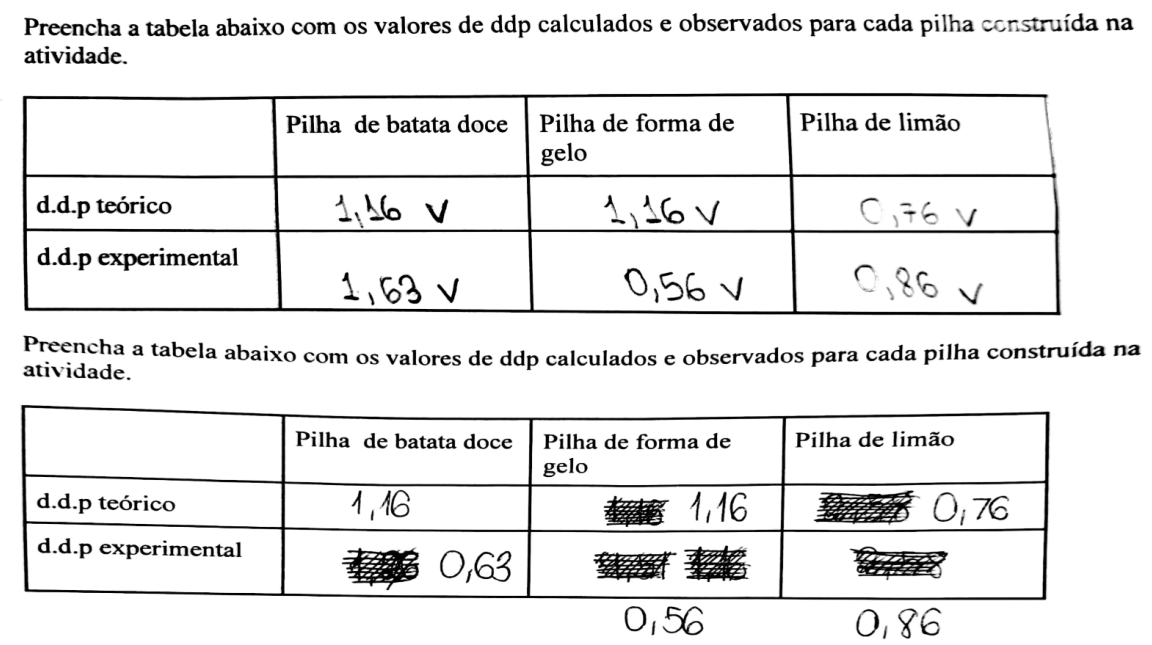
Imagem 10 – Exemplos de semirreações e reações globais estruturadas por alguns alunos do colégio A, incertos da formalização.



Fonte: Os estudantes, compilado pelo Autor.

Sobre as questões gerais no final da atividade, primeiramente os estudantes do colégio A conseguiram preencher a tabela de potenciais (tabela 3) de forma que todos os estudantes obtiveram resultados diferentes de d.d.p teórico e experimental (imagem 11), demonstrando não só o entendimento sobre diferenças de experimento e teoria mas mais importante, as tabelas se tratavam de valores de potencial das pilhas e não baterias, ou seja, os estudantes tiveram a capacidade de perceber este pequeno, porém muito importante, detalhe e fazer a divisão de potencial total por número de células presente no sistema químico.

Imagem 11 – Exemplos de valores de potenciais teóricos e experimentais preenchidos pelos estudantes do colégio A.



Preencha a tabela abaixo com os valores de ddp calculados e observados para cada pilha construída na atividade.

	Pilha de batata doce	Pilha de forma de gelo	Pilha de limão
d.d.p teórico	1,16 V	1,16 V	0,76 V
d.d.p experimental	1,63 V	0,56 V	0,86 V

Preencha a tabela abaixo com os valores de ddp calculados e observados para cada pilha construída na atividade.

	Pilha de batata doce	Pilha de forma de gelo	Pilha de limão
d.d.p teórico	1,16	1,16	0,76
d.d.p experimental	0,63	0,56	0,86

Preencha a tabela abaixo com os valores de ddp calculados e observados para cada pilha construída na atividade.

	Pilha de batata doce	Pilha de forma de gelo	Pilha de limão
d.d.p teórico	1,16	1,16	0,76
d.d.p experimental	1,26	4,5 1/8 = 0,56	2,58/3 = 0,86

Preencha a tabela abaixo com os valores de ddp calculados e observados para cada pilha construída na atividade.

	Pilha de batata doce	Pilha de forma de gelo	Pilha de limão
d.d.p teórico	~~1,16~~ 1,16V	~~4,51~~ 1,16V	~~2,58~~ 0,76V
d.d.p experimental	0,63V ~~1,26~~	0,56V ~~1,16~~	0,86V

Fonte: Os estudantes, compilado pelo Autor.

No colégio B, todos os estudantes foram capazes que preencher as tabelas identificando em que casos os potenciais medidos dariam 0, no caso dos eletrodos de metais idênticos ligados, e também conseguiram relacionar o potencial negativo com a troca de ordem dos terminais do multímetro nos eletrodos das baterias (imagem 12), demonstrando entendimento quanto a necessidade de dois metais diferentes com potenciais de redução diferentes para que haja a geração de d.d.p e noção da existência de dois polos no sistema.

Imagem 12 – Exemplos de tabelas de potenciais da escola B

	Pilha de batata doce	Pilha de forma de gelo	Pilha de limão
d.d.p de Zn ligado a Cu observado	0,6 V	0,362 V	0,86 V
d.d.p de Zn ligado a Zn observado	0 V	0 V	0 V
d.d.p de Cu ligado a Zn observado	− 0,6 V	− 0,362 V	− 0,86 V
d.d.p de Cu ligado a Cu esperado	0 V	0 V	0 V

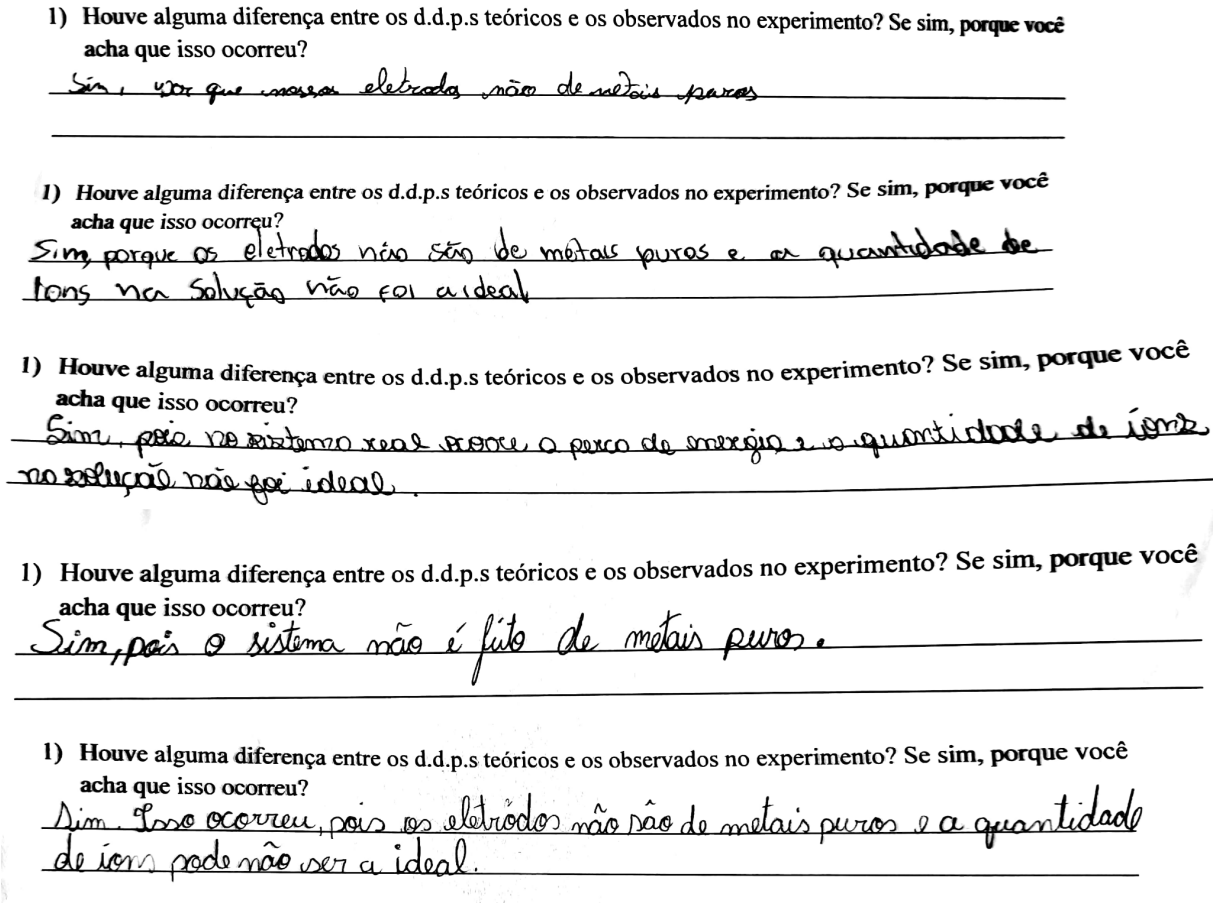
	Pilha de batata doce	Pilha de forma de gelo	Pilha de limão
d.d.p de Zn ligado a Cu observado	~~1,2~~ 0,60	2,9 / 8 0,3001	0,86
d.d.p de Zn ligado a Zn observado	0	0	0
d.d.p de Cu ligado a Zn observado	$-\frac{1,20}{2}$ V	$-\frac{0,90}{2}$ V	−0,86
d.d.p de Cu ligado a Cu esperado	0	0	0

	Pilha de batata doce	Pilha de forma de gelo	Pilha de limão
d.d.p de Zn ligado a Cu observado	0,6 V	0,3625 V	0,86 V
d.d.p de Zn ligado a Zn observado	0 V	0 V	0 V
d.d.p de Cu ligado a Zn observado	− 0,6 V	− 0,3625 V	− 0,86 V
d.d.p de Cu ligado a Cu esperado	0 V	0 V	0 V

Fonte: Os estudantes, compilado pelo Autor.

Em relação às três outras questões que envolviam os três experimentos, os estudantes responderam a primeira questão sobre a diferença de potenciais utilizando o conceito de pureza dos metais dos eletrodos, alguns utilizaram o conceito de concentração de íons em solução e outros utilizaram essas duas justificativas como demonstrado na figura abaixo (imagem 13).

Imagem 13 – Compilação de respostas da primeira questão geral dos estudantes.



1) **Houve alguma diferença entre os d.d.p.s teóricos e os observados no experimento? Se sim, porque você acha que isso ocorreu?**

Sim, pois nossos eletrodos não de metais puros

1) **Houve alguma diferença entre os d.d.p.s teóricos e os observados no experimento? Se sim, porque você acha que isso ocorreu?**

Sim, porque os eletrodos não são de metais puros e a quantidade de íons na solução não foi a ideal

1) **Houve alguma diferença entre os d.d.p.s teóricos e os observados no experimento? Se sim, porque você acha que isso ocorreu?**

Sim, pois no sistema real ocorre o perca de energia e a quantidade de íons na solução não foi ideal.

1) **Houve alguma diferença entre os d.d.p.s teóricos e os observados no experimento? Se sim, porque você acha que isso ocorreu?**

Sim, pois o sistema não é fito de metais puros.

1) **Houve alguma diferença entre os d.d.p.s teóricos e os observados no experimento? Se sim, porque você acha que isso ocorreu?**

Sim. Isso ocorreu, pois os eletrodos não são de metais puros e a quantidade de íons pode não ser a ideal.

Fonte: Os estudantes, compilado pelo Autor.

No segundo ano do Colégio B das quinze folhas de atividade, quatorze estudantes responderam utilizando o conceito de pureza de metais, um deixou em branco e consequentemente nenhum utilizou o conceito de concentração de íons para responder. Com relação ao terceiro ano das vinte folhas de atividade recebidas, quatorze responderam da mesma maneira, utilizando da pureza dos eletrodos como justificativa, apenas um estudante utilizou os conceitos de pureza de materiais em conjunto com a quantidade de íons em

solução, um deixou a questão em branco e as demais quatro respostas justificaram com respostas similares sobre a prática ser diferente da teoria. Totalizando trinta e cinco folhas de respostas deste colégio, vinte e oito (80%) dos estudantes responderam utilizando conceitos já estudados antes da oficina, um estudante (3%) do grupo respondeu utilizando ambos os conceitos de pureza e concentração de íons em solução, quatro estudantes (11,5%) responderam utilizando conhecimentos gerais de que a prática e teoria diferem e por fim dois estudantes (5,5%) não responderam a questão. A seguir um gráfico (Imagem 14) mostra as respostas do estudantes:

Imagem 14 – Gráfico da distribuição de respostas do Colégio B com relação às turmas de segundo e terceiro ano



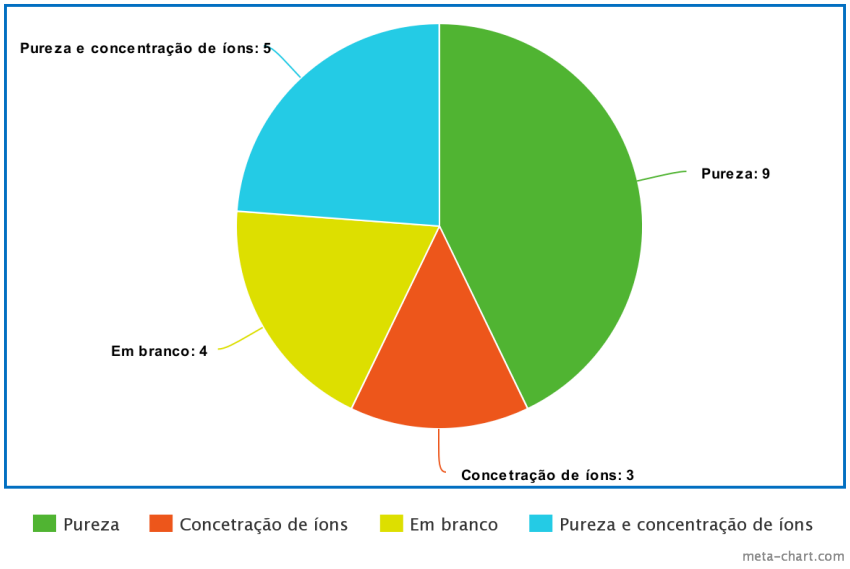
Fonte: Meta-chart

Conclui-se que tanto a pureza do eletrodos quanto a quantidade de íons em solução interferem nos valores de d.d.p. e que apenas um estudante do grupo de trinta e cinco realmente chegou a resposta correta, apenas 3%

Com relação aos estudantes do terceiro ano do Colégio A, dos vinte e um estudantes, nove (43%) responderam a questão utilizando a justificativa da pureza dos eletrodos, mencionando que são ligas metálicas, cinco estudantes (24%) responderam utilizando ambos os conceitos de pureza de eletrodos e quantidade de íons em solução, três (14%) dos estudantes utilizou apenas o conceito de concentração de íons para responder e quatro (19%)

dos estudantes deixaram a questão sem responder. Tais informações ilustradas no gráfico (Imagem 15) a seguir:

Imagem 15 – Gráfico da distribuição de respostas do Colégio A com relação à turma do terceiro ano.



Fonte: Meta-chart

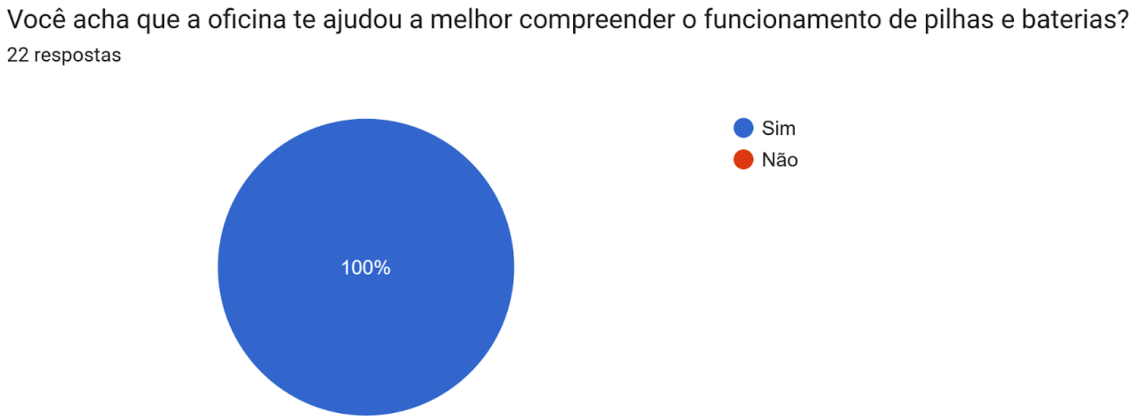
A mesma lógica aqui é aplicada que é devido a pureza do eletrodos e a quantidade de íons em solução serem ambos interferentes nas medidas de d.d.p., cinco estudantes de um grupo de vinte e um realmente chegou a resposta correta (24%), doze estudantes responderam que apenas concentração de íons interfere e aqueles que responderam utilizando conceito de pureza somam 57% que obtiveram respostas parcialmente corretas e quatro estudantes (19%) erraram completamente a questão ao deixá-la em branco .

A segunda questão do colégio A, todos tiveram sucesso em perceber que se dois metais iguais fossem ligados a d.d.p. medida seria zero evidenciado pelas respostas discursivas. A segunda questão do colégio B, se pedia uma explicação do porquê valor “0” obtido quando dois eletrodos de metais iguais eram ligados; onde todos responderam que não haveria um fluxo líquido de elétrons pelos eletrodos serem feitos do mesmo metal e dois estudantes deixaram a questão em branco. A terceira questão, feita apenas para o colégio A, que pedia uma explicação comparativa das baterias que apesar de todas utilizarem os mesmos metais geraram d.d.p. diferentes, com ajuda do professor, todos os estudantes relacionaram a diferença a disponibilidade de íons em solução.

5.2 Resultados do Formulário de Feedback

Os resultados dos formulários de feedback foram no geral positivos, foram vinte e dois estudantes que responderam do grupo de cinquenta e seis. Todos eles que preencheram o formulário, responderam que a oficina os ajudou a entender melhor o funcionamento de pilhas e baterias como demonstrado no gráfico (imagem 16).

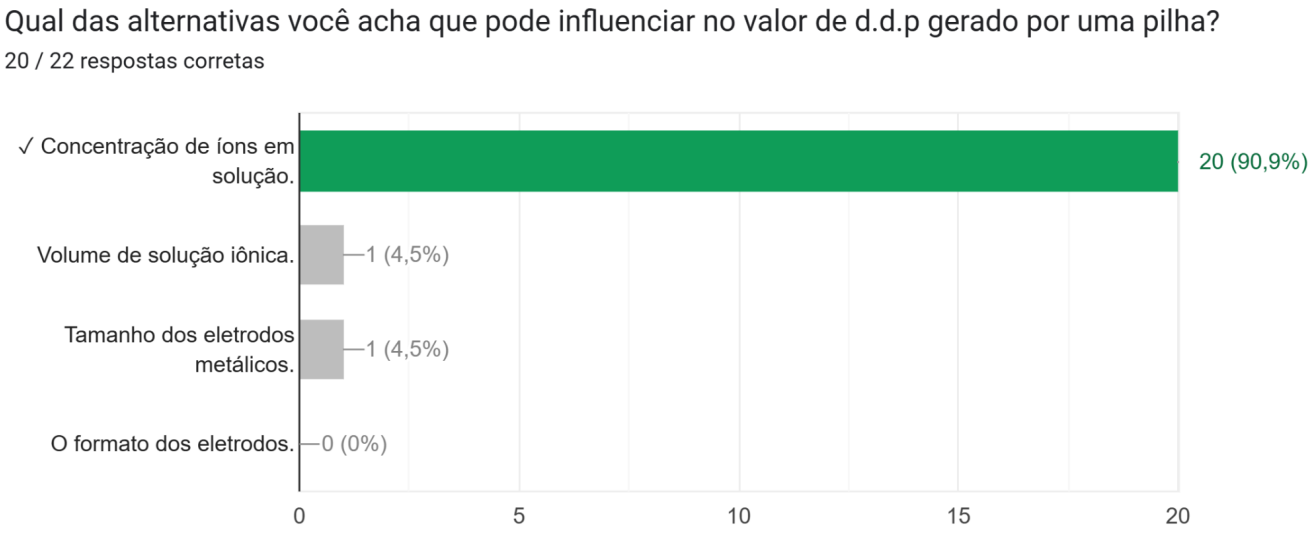
Imagem 16 – Gráfico de respostas dos estudantes com relação à primeira questão do formulário de feedback



Continuando, 90,9% dos estudantes foi capaz de responder corretamente a pergunta de múltipla escolha em relação a influência sobre o ddp gerado em uma pilha como demonstrado na imagem abaixo (Imagem 17):

Fonte: Google Docs.

Imagem 17 – Gráfico de respostas dos estudantes da segunda questão do formulário de feedback.



Fonte: Google Docs.

Na terceira pergunta, que era dissertativa pedindo sugestões para melhoria da oficina, houve uma predominância de respostas elogiando e fornecendo feedbacks positivos sobre a ação. Notou-se uma prevalência de elogios quanto à discussão, cerca de 56%, e dos estudantes pedindo por mais atividades deste tipo e/ou maior tempo para oficina. Somando, foram doze comentários elogiando a oficina sendo que em um deles foi comentado sobre o pouco tempo de atividade e em outro desse grupo que nas discussões algumas informações teóricas foram explicadas sem necessidade. Três estudantes, cerca de 14%, foram breves e pediram por atividades mais longas, dois estudantes optaram por pedir mais fontes teóricas como apostilas, vídeos e slides; outros quatros estudantes forneceram respostas com relação ao experimento sendo que deste grupo, um que queria ver a bateria ligando algum aparelho, dois responderam que queriam montar as baterias e um respondeu que fosse mostrado o processo de montagem. Por último, um estudante pediu maior preparo na hora da explicação das baterias.

Com relação à última questão dissertativa que era para os estudantes comentar sobre a atividade todos responderam que acharam útil e podem ser divididos entre aqueles que forneceram respostas que gostaram oficina pois foge do padrão de ensino e que isso os ajudou a fixar mais os conteúdos e outros que disseram que os experimentos ajudaram a consolidar temas mais abstratos com relação a eletroquímica. Destaca-se algumas respostas como *"Eu*

gostei bastante da atividade, o Pedro foi um ótimo professor, como foi uma aula prática, acabei aprendendo mais da matéria e vendo como ela funciona na vida real, além da sua importância e seus usos." (aluno 1) , *"A atividade foi extremamente útil para mim, pois eu não tinha nenhuma ideia de como era o funcionamento de uma bateria ou pilha e com a aula eu pude aprender e ver como tudo isso funciona, eu gostei bastante da aula e foi de fácil entendimento"* (aluno 2), *"Eu gostei bastante da atividade e me foi muito útil, porque ilustrou de forma prática o que eu havia aprendido apenas de modo teórico na aula de química. Além disso, a didática do homem responsável pela experiência foi excelente."* (aluno 3) e *"Foi extremamente útil para consolidar a abstração relativa ao estudo de pilhas eletrolíticas. Gostei de como foi feita a abordagem do tema e do material de acompanhamento. Talvez seria interessante deixar que os estudantes tentem elaborar as semiropões antes de estudá-las."* (aluno 4).

5.3 Entrevista com o Professor Regente

Como último passo do projeto aplicado nas duas escolas particulares, uma entrevista final foi feita com o professor de química regente das duas escolas que colaborou na realização da oficina. Nesta entrevista foram feitas quatro perguntas a respeito de opiniões pessoais do entrevistado com relação às expectativas, contribuição para o entendimento, o que pode ser melhorado e por fim se o conteúdo foi apresentado de forma clara, a seguir as perguntas na integra:

1. "O que você esperava da ação e essas expectativas foram atendidas"

2. "Você como professor acha que as aulas contribuíram para o entendimento dos alunos sobre pilhas/baterias de corrosão?"

3. "Você acha que tem algo que pode ser melhorado?"

4. "O conteúdo apresentado para os alunos foi feito de forma clara?"

Para a pergunta de número 1, o professor regente fez os seguintes comentários: "*Olha, Eu, as minhas expectativas não foram atendidas, não pelo pesquisador mas pelos alunos, eu acreditava que eles iriam se envolver mais, principalmente falando terceiro ano da escola A,*

na escola A no terceiro ano eu achei que eles se envolveriam um pouco mais, eu acho que, tivemos um envolvimento de não todos os alunos, alguns preferiram ficar só mesmo, vendo alguma coisa, abaixo das minhas expectativas. Quanto a atividade em si, eu acho que foram sim porque a gente programou elas, você programou pra trazer uma questão, questoes que não são tão levantada durante o ensino regular, né, porque você demonstrou na prática a influencia de potenciais, as semirreaçoes, a importancia dos referenciais, você olhar direitinho, quais são as limitaçoes, porque a gente trabalha muito com o teórico então é tudo 100%, o rendimento é aquilo ali, lá a gente percebeu que podemos ver na prática que esse rendimento nao é 100% e discutir um pouco o que pode ter ocasionado a diminuiçao desse valor teórico, pra mim foi bem benéfico porque foge um pouco da normalidade do teórico, foi uma discussao bem interesse ao meu ver e eu acredito que os alunos tambem gostaram, na segunda série terceira série da escola B eu percebi um empenho maior dos alunos em participar, é lógico que 100% a gente nunca vai ter, momento algum, tem sempre aquele que, enfim, nem sabe nem nada, nem tá levando a sério mas eu vi um envolvimento muito grande de quase toda a turma, né então, em discussão em sala, depois da atividade eles discutiram comigo os aspectos, a gente fez uma discussão depois também durante a aula, e até depois no *segundo ano, por exemplo a gente tava vendo, terminando pilhas, no finalzinho já, fazendo exercício já, se é, vai acontecer igual aquele caso, né, então acho que ficou bem, bem, foi bem significate pra eles a atividade.* Os comentários do professor, ajudaram a confirmar aspectos importantes do trabalho que é o objetivo da perduração do conhecimento com os alunos, que a oficina aborda questões que não são muito exploradas no ensino regular como algo enriquecedor e positivo e também demonstra a problemática comentada no início deste trabalho com relação ao desânimo dos alunos para aprender química. Para a pergunta 2, o professor fez um comentário mais breve: *"Sim, ajudou a realizar a fazer uma boa associação entre teoria e prática, apesar de eu nunca separar isso, né, acho que toda prática tem sua explicação teórica mas quando ela é observada pelo aluno e testada por ela essa comprovação acontece de uma forma mais eficiente."* Este comentário, vindo do professor que acompanha os estudantes durante todo o ano letivo é de extrema relevância para a confirmação se a oficina foi de fato uma ação benéfica para os alunos, que segundo o professor foi esse o caso. Perante a terceira pergunta o professor fez os seguintes comentários: *"Olha, como melhoria, Pedro, eu colocaria talvez, um cuidado para ter um tempo maior para que fosse feito algo mais lento e que se tornasse um pouco mais investigativo seria no sentido de né, lógico, a gente fez de acordo com o tempo que a gente tinha, que foi disponibilizado, né, mas talvez pensar em organizar um momento para que, principalmente, talvez isso tenha*

sido feito depois de uma introdução da pilha, iniciar o assunto de pilha juntamente com os experimentos, porque a observação do que está acontecendo, a partir dela, nós irmos sondando os acontecimentos e partir deles nós montarmos a teoria, seria um experimento extremamente investigativo, lógico, alguns co*nceitos iniciais como o que é oxidação, o que é uma redução,isso tem que ser passado, mas diante disso a gente iniciar o assunto de pilha, eu acredito que seria muito útil para eles.* Quanto às melhorias fica evidente a vontade do professor regente de que o conteúdo da oficina fosse aplicado de forma mais lenta ao longo de mais aulas utilizando um método de ensino menos expositivo concomitantemente com a parte prática para que os alunos se envolvam mais. Para a última pergunta o professor regente comentou: *"Foi sim, foi sim, foi muito claro, as informações foram bem seguras, você se portou de forma segura e a teoria, sabe, eu fiquei o tempo todo analisando, sobre a questão da teoria, né, porque às vezes no início você pode se enganar com uma palavra ou outra, trocar uma coisa ou outra, mas eu percebi que sempre foi certinho, os pontos teóricos bem explicados, as análises bem aprofundadas, eu acredito que os meninos eles entenderam muito bem, né, porque eles demonstraram isso pra mim, não sei pra você como foi seu feedback, mas eu acredito que eles tenham falado o mesmo que eu to dizendo, foi muito claro."* O fato do professor regente ter aprovado e checado as teorias e discussões presentes na oficina é de suma importância e pela análise dele, os estudantes conseguiram de fato, sob perspectiva de alguém que os acompanha o ano inteiro, construir conhecimento graças a ação que é um dos principais objetivos.

5.4 Cientista Mirim

Em relação à participação do projeto no Cientista Mirim, notou-se um interesse dos cinquenta e oito estudantes, estes mais jovens, 4º ano do ensino fundamental, demonstrado pelas dúvidas e perguntas no momento da explicação. Os estudantes puderam interagir colocando o LED em vários locais da bateria de forma de gelo montada, observando o fato do brilho aumentar conforme mais células eram associadas em série e que na primeira a energia gerada não era suficiente para acender.

A partir dos dados colhidos durante a aplicação da oficina, ficou evidente que os participantes da oficina de todas as turmas conseguiram compreender o funcionamento de baterias, fato este demonstrado pela grande quantidade de respostas corretas sobre a necessidade de moedas e arruelas estarem alternadas, além de terem em sua grande maioria acertado quais espécies oxidam e quais reduzem. Contudo, os participantes tiveram um

desempenho inferior nas questões envolvendo reações químicas mostrando uma certa deficiência quanto ao uso de estados da matéria e identificação de reagentes ou produtos. No geral, eles entenderam o conceito de geração de energia a partir de uma reação química, como a concentração dos íons em solução pode afetar a condutividade da água e que para uma pilha ou bateria funcionar é necessário ter dois polos diferentes onde haverá um fluxo de elétrons evidenciado pelo grande número de respostas corretas em relação às perguntas teóricas específicas de cada bateria. Entretanto, quando os estudantes tiveram que responder a pergunta, parte das três perguntas gerais finais, envolvendo a diferença de potenciais teóricos e observados, notou-se que muitos estudantes focaram mais no fato dos eletrodos serem feitos de metais impuros do que na concentração dos íons em solução para explicar essa diferença mostrando que mesmo com a oficina tentando enfatizar alguns conceitos que passam despercebidos, como a concentração dos íons em solução, parece que os estudantes tendem a não se comprometerem muito e tentam focar mais em respostas ou discussões que envolvam pureza de materiais, que é um conceito mais trabalhado.

Além disso, com exceção de alguns que deixaram essas questões em branco, os estudantes do colégio A foram capazes de identificar qual espécie está reduzindo e qual está oxidando, mesmo que errando a reação global demonstrando que um dos principais conceitos de reações redox foi compreendido pelos participantes da oficina. Outro fato evidenciado na atividade foi que em nenhum caso os estudantes deixaram elétrons na reação global, demonstrando um entendimento sobre o consumo dos elétrons gerados pelas reações redox o que leva a entender que foi obtido o sucesso em fazê-los entender sobre a geração de energia a partir de reações químicas.

Com relação aos resultados do formulário feito no google forms, este foi de suma importância para que fosse possível fazer uma análise qualitativa da ação e analisar o aspecto pessoal dos estudantes com relação a oficina. Como todos responderam que a ação os ajudou a entender melhor os conceitos de pilhas e baterias, entende-se que os estudantes acharam a oficina útil, tal informação corroborada pela questão aberta em que todos também foram unânimes em informar de forma dissertativa que a atividade foi útil para eles. Além disso, o fato de que mais de 90% dos participantes terem acertado a questão teórica mesmo após alguns dias das aulas ministradas mostra que a ação teve um impacto positivo e que conseguiu de fato consolidar nos participantes como as pilhas de corrosão funcionam juntamente com conceitos de oxirredução.

A respeito do desenvolvimento das habilidades previstas na Base Comum Curricular do Ensino Médio a oficina teve sucesso. Os alunos foram capazes de estabelecer previsões e

estimativas respondendo as questões da atividade escrita e interpretaram modelos explicativos, dados e resultados experimentais por meio da discussão, explicação e levantar de dúvidas durante a exposição dos experimentos, Tudo isso sob uma perspectiva científica como prevê a EM13CNT301; tal afirmação corroborada pelas respostas do formulário de feedback onde os alunos confirmam terem sanado várias dúvidas e tiveram a elucidação de conceitos de eletroquímica. Com relação a EM13CNT302, que prevê a comunicação de resultados de análises pela interpretação de gráficos, tabelas, símbolos entre outros de modo a promover debates científicos, essa aptidão foi promovida e trabalhada pela oficina de modo que os alunos tiveram de interpretar equações de oxi-redução contidas na atividade escrita e também utilizar dessa formalização para responder uma das três perguntas específicas de cada bateria que estas eram de fato um tema científico. A EM13CNT303 foi trabalhada principalmente pela leitura do pequeno parágrafo da atividade escrita que explicava sobre a pilha de volta (ver apêndice A) e também no momento de resposta dos estudantes do formulário de feedback já que devia a ausência de um orientador, eles tiveram de buscar outras fontes para conseguir responder a pergunta teórica. Durante a explicação dos experimentos foi elucidado as propriedades dos componentes dos sistemas como a concentração de sal da bateria de forma de gelo, uma discussão sobre a produção do gás hidrogênio por meio da redução dos íons hidrônio presente no experimento de limão e a elucidação de como a concentração das espécies presentes no sistema químico é um fator crucial para o valor do potencial medido. Assim, a habilidade EM13CNT307 foi desenvolvida pelos alunos. Pelo fato dos experimentos serem baterias que por definição geram energia e a tentativa do professor de relacionar com o cotidiano dos estudantes por meio de comparações e utilização de materiais presentes na vida de todos, a habilidade EM13CNT308 foi trabalhada. Por fim, a partir da breve explicação dos riscos e possíveis acidentes que uma bateria de corrosão poderia trazer em uma situação do cotidiano a EM13CNT306 foi trabalhada com os estudantes.

Ao analisar as respostas de como oficina poderia ser melhorado notou-se a prevalência de respostas positivas elogiando tanto o professor quanto quem ministrou a oficina, um interesse em maiores quantidades de aulas, aulas mais longas e aulas práticas no geral levando a entender que por ser um projeto que trabalhou com aulas práticas elas foram de grande ajuda para fixar conceitos que antes lhes eram muito abstratos ajudando-os tanto a entender os conceitos trabalhados seja no âmbito teórico ou prático. A partir desta análise nota-se que a ação cumpriu com seu objetivo e que deve ser continuada com as melhoras a partir desta experiência. Outro ponto a ser levantado é de que apesar da oficina ter sido aplicado em três

turmas de ensino médio totalizando mais de sessenta estudantes, o formulário de feedback recebeu apenas vinte e duas respostas, fato que pode ser atrelado ao desinteresse da maioria com o tema ou pode estar relacionado com a falta de conexão pessoal dos estudantes pela oficina ter sido uma ação breve.

Como as opiniões de vários estudantes quanto a do professor regente foram ao encontro de requisitarem aulas maiores é possível que seja feita uma reestruturação da oficina para que seja dividia seu conteúdo em mais aulas e que seja combinado com o professor regente de forma que as aulas da oficina sejam feitas concomitantemente com as aulas ministradas puramente teóricas fazendo com que assim a oficina precise de menos tempo explicando conceitos teóricos e utiliza se do tempo para aplicar a metodologia investigativa já que nesta proposta o conhecimento teórico estaria recente e de fácil lembrança pelos estudantes.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho, a partir das análises dos questionários escritos aplicados nas duas escolas juntamente com os dados colhidos dos questionários online de feedback os objetivos de aumentar a compreensão dos estudantes de como baterias funcionam em um âmbito prático, ou seja na vida real, o entendimento dos envolvidos sobre pilhas de corrosão que é um tema pouco explorado no ensino médio e no geral ajudar com o entendimento da eletroquímica que é um assunto que gera dúvidas mesmo no ensino superior foram cumpridos. As habilidades da Nacional Comum Curricular previstas para o Ensino de Ciências da Natureza também foram desenvolvidas com sucesso pelos estudantes durante a ação. Contudo, devido ao tempo limitado que foi disponibilizado para a oficina não performou tão bem quanto poderia, então, é de interesse futuro que um maior tempo seja disponibilizado para ações como essa para que os estudantes tenham melhor aproveitamento, tenham um acompanhamento desde o começo das reações redox até de fato a explicação de pilhas, baterias e se estendendo para eletrólise. Assim um maior interesse, e entendimento será gerado. Outro ponto a ser reavaliado é a metodologia de ensino utilizada nos experimentos, visto que no presente trabalho foi utilizado uma metodologia com muita ênfase na parte teórica e de experimentação e devido ao tempo limitado os estudantes pareceram sobrecarregados com o excesso de informação. Isso pode ter afetado a quantidade de perguntas feitas pelos estudantes e quão eficiente foi o sanar destas. Com um maior tempo

para oficina, poderia ser integrado também o método investigativo em conjunto a experimentação podendo assim oferecer um maior aprendizado para os estudantes, visto que vários estudantes no formulário de feedback comentaram que tinham interesse neles mesmos montarem o experimento e também de manuseá-los. Por fim, como um objetivo secundário, o autor deste trabalho com este relato de experiência foi capaz de aprofundar seus conhecimentos sobre o tema aplicado e relacioná-los com sua realidade.

7 REFERÊNCIAS

Santos, Tâmara & Batista, Carlos & Oliveira, Ana & Cruz, Maria. Aprendizagem Ativo-Colaborativo-Interativa: Inter¯Relações e Experimentação Investigativa no Ensino de Eletroquímica. **Química Nova na Escola**, v.40 n 4, p.258, 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site_110518.pdf. Acesso em: 16 de novembro de 2023.

BEGO, A. M. Qualidade dos Livros Didáticos de Química aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático: análise do tema Estrutura da Matéria e Reações Químicas. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 18, n. 1, p. 104-123, 2019.

MORI, Rafael Cava. **Experimentação no ensino de química**: contribuições do projeto experimentoteca para a prática e para a formação docente. 2014. Tese (Doutorado em Físico-Química) - Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014. doi:10.11606/T.75.2014.tde-02022015-153941. Acesso em: 02 dez. 2023

LEÃO, D. M. M. Paradigmas contemporâneos de educação: escola tradicional e escola construtivista. **Cadernos de pesquisa**, p. 187-206, 1999.

BACICH, L.; MORAN, J. **Metodologias Ativas para uma Educação Inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso, 2018.

LIMA, Viviani Alves de. **Atividades experimentais no ensino médio - Reflexão de um grupo de professores a partir do tema eletroquímica**. 2004. Dissertação (Mestrado em Ensino de Química) - Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. doi:10.11606/D.81.2004.tde-04122014-161134. Acesso em: 02 dez. 2023

ATKINS, Peter. **Físico-Química - Fundamentos, 6ª edição**. Uberlândia: Grupo GEN, 2017. *E-book.* ISBN 9788521634577. Disponível em: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521634577/. Acesso em: 20 nov. 2023

SKOOG, Douglas A.; WEST, Donald M.; HOLLER, F J.; et al. **Fundamentos de química analítica**. Uberlândia: Cengage Learning Brasil, 2023. *E-book.* ISBN 9786555584387. Disponível em: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786555584387/. Acesso em: 20 nov. 2023.

GENTIL, Vicente. **Corrosão**. Uberlândia: Grupo GEN, 2022. *E-book.* ISBN 9788521637998. Disponível em: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521637998/. Acesso em: 20 nov. 2023.

Bocchi, Nerilso & Ferracin, Luiz & Biaggio, Sonia. Pilhas e baterias: funcionamento e impacto ambiental. **Química Nova na Escola**. n 11, 2000.

SOUZA, K. A. F. D; CARDOSO, A. A. Aspectos macro e microscópicos do conceito de equilíbrio químico e de sua abordagem em sala de aula. **Química Nova na Escola**. n. 27, 2008. Disponível em: Acesso em: 01 dez. 2023.

NETTO, L. F. Batateria (Uma bateria elétrica de batatas), 1999. Disponível em: http://www.feiradeciencias.com.br/sala12/12_21.asp. Acesso em: 16 nov. 2023.

GOUVEIA, F. A. Disponível em: http://revistaescola.abril.com.br/ensinomedio/mundo-movido-ions-530207.html. Acesso em: 16 nov. 2023

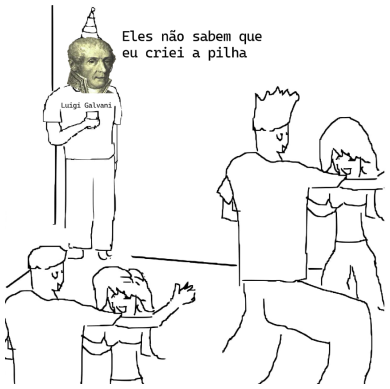
VASCO, S. C. F. S. Ciência em Casa, 2003. Disponível em: http://cienciaemcasa.cienciaviva.pt/pilha_limao.html. Acesso em: 16 nov. 2023.

TENÓRIO, Ibere. A bateria mais simples do mundo: bateria de forma de gelo . Youtube, 28 de out. de 2014. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=19YS4KuiK_w&ab_channel=ManualdoMundo. Acesso em: 01 dez. 2023

APÊNDICE A – ATIVIDADE ESCRITA PARA A ESCOLA A

1. Introdução

Eu mesmo, ficaria grilado. Imagine ser um médico, investigador, filósofo e físico renomado igual Luigi Galvani e principalmente CRIADOR da pilha galvânica (tá bom que não foi ele que explicou corretamente o processo, MAS) e as pessoas hoje em dia nem sequer dão atenção para sua invenção e vêem como apenas um "negócio" que liga eletrônicos. Mas relaxa, o autor que vos fala nem sabia que uma bateria é basicamente muitas pilhas ligadas em série até semana passada; sempre há tempo de honrar nosso amigo morto Galvani. Contudo, entretanto, todavia, é até interessante pensar que dentro daquele bloco que liga meu notebook acontece uma reação química e quando eu ligo ele (com a bateria colocada) acontece outra, é meio bizarro pensar que reações químicas passam despercebidas assim hoje em dia.



Fonte: O autor.

2. Objetivo

Os estudantes deverão observar e questionar o funcionamento de pilhas e baterias construídas com materiais do cotidiano, nas quais a energia é produzida a partir de uma reação química que ocorre com transferência eletrônica, as chamadas reações de oxirredução. Por fim, deverão anotar os valores de potencial observado, calcular os valores teóricos, analisar os dados e responder algumas perguntas que ajudarão no entendimento de como funciona uma pilha no âmbito teórico e prático.

3. Parte Experimental

Pilha (ou bateria) 01: Batata doce.

- Cortou-se a batata doce em fatias
- Foram feitos 2 cortes em cada fatia de batata para as arruelas e moedas
- Foram empilhadas as batatas entre pedaços de EVA
- Nos cortes, foram colocadas as moedas e arruelas de modo que fiquem alternadas, de cada lado, entre arruela e moeda.
- Fios com ponta jacaré foram anexados aos eletrodos (arruelas e moedas) e a ponta banana a um multímetro.

Questionamentos:

Perguntas:

Porque o sistema foi montado de forma que moedas e arruelas fiquem alternadas?

_____

_____

Quem você acha que está reduzindo? E oxidando?

_____

_____

Admitindo os potenciais de redução das espécies envolvidas, conforme descrito abaixo:

Semirreações:

$2Zn_{(s)} \rightarrow 2Zn^{2+}_{(aq)} + 4e^{-}$ ($E^{o}_{(oxi)} = 0,76$ V)
$O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} + 4e^{-} \rightarrow 4OH^{-}_{(aq)}$ ($E^{o}_{(red)} = 0,40$V)

Apresente as reações observadas na pilha e o valor da ddp teórica e observada.

Reação de redução:_ _____
Reação de oxidação: _____
Reação global: _____

Anote o valor da ddp observada no experimento _____
Quantas pilhas foram associadas em série?
Divida o valor observado pelo número de pilhas e anote o valor para cada pilha _____

Pilha (ou bateria) 02: Forma de Gelo

- Fios de cobres foram enrolados em parafusos **zincados** em forma de V.
- Cada "V" foi colocado nos "quadradinhos" da forma de gelo de forma que a cabeça do parafuso fique submersa em um quadradinho e o fio de cobre enrolado no quadradinho ao lado.
- Cada quadradinho da forma foi preenchido com água e uma colher de sal de cozinha.
- Após montado o experimento, para checar a corrente foi mergulhado um led de forma que uma
- "perninha" fique em um quadrado e a outra "perninha" em outro quadrado.

Questionamentos:

Perguntas:

Para quê serve o sal colocado na água de cada quadradinho da forma? É possível que a quantidade desse sal possa interferir no experimento? Como?

_____

_____

Quem você acha que está reduzindo? E oxidando?

_____

_____

Semirreações:

$2Zn_{(s)} \rightarrow 2Zn^{2+}_{(aq)} + 4e^-$ ($E^o_{(oxi)} = 0,76$ V)
$O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} + 4e^- \rightarrow 4OH_{(aq)}$ ($E^o_{(red)} = 0,40$V)

Apresente as reações observadas na pilha e o valor da ddp teórica.

Reação de redução:_ _____
Reação de oxidação: _____
Reação global: _____

Anote o valor da ddp observada no experimento _____
Quantas pilhas foram associadas em série? _____
Divida o valor observado pelo número de pilhas e anote o valor para cada pilha
_____

Pilha (ou bateria) 03: Limão

- Foram feitos 2 cortes em cada limão para as arruelas e moedas, semelhante a batata doce.
- Semelhante a batata doce, fixar os eletrodos de zinco e cobre em cada furo feito nos limões de modo que fiquem alternados
- Conectar o limão do meio aos das pontas usando um fio de ponta "jacaré-jacaré" e os das pontas a um multímetro com um fio de ponta jacaré.

Questionamentos:

Perguntas:

Qual gás poderia estar sendo produzido nessa pilha/bateria?

_____

_____

Quem você acha que está reduzindo? E oxidando?

_____

_____

Admitindo os potenciais de redução das espécies envolvidas, conforme descrito abaixo:

Semirreações:

$Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Zn_{(s)}$ $(E^o_{(oxi)} = 0,76\ V)$
$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_{2(g)}$ $(E^o_{(red)} = 0,0V)$

Apresente as reações observadas na pilha e o valor da ddp teórica.

Reação de redução:_ _____
Reação de oxidação: _____
Reação global: _____

Anote o valor da ddp observada no experimento _____
Quantas pilhas foram associadas em série? _____
Divida o valor observado pelo número de pilhas e anote o valor para cada pilha
_____

Preencha a tabela abaixo com os valores de ddp calculados e observados para cada pilha construída na atividade.

	Pilha de batata doce	Pilha de forma de gelo	Pilha de limão
d.d.p teórico			
d.d.p observado no experimento			

1) Houve alguma diferença entre os d.d.p.s teóricos e os observados no experimento? Se sim, porque você acha que isso ocorreu?

_____

_____

2) Se fossem conectados 2 metais iguais, como cobre ligado ao cobre, qual seria o valor da ddp observada?

_____

_____

3) Apesar de todas as pilhas utilizarem os mesmos metais, zinco e cobre, foram observados valores de ddp diferentes. Como você explica isso

_____

_____

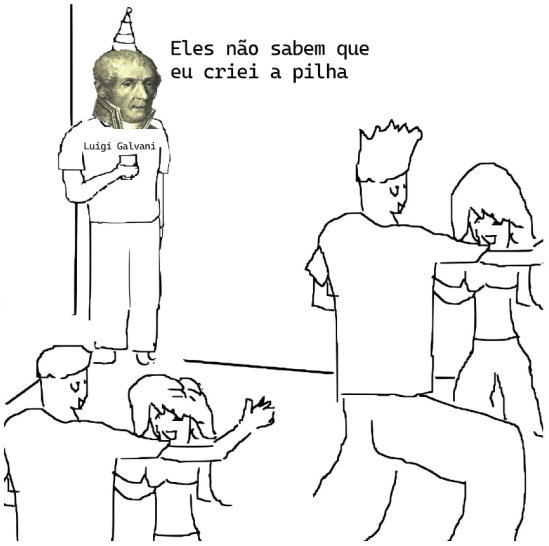
APÊNDICE B – ATIVIDADE ESCRITA PARA A ESCOLA B

Experimento Investigativo: Pilhas alternativas e Interferentes.

Objetivo: Os alunos deverão observar e questionar o funcionamento de três pilhas alternativas apresentadas nas quais energia é produzida a partir de uma reação química. Por fim, responder a algumas perguntas que ajudarão com o entendimento de como funciona uma pilha no âmbito teórico e prático.

Introdução

Eu mesmo, ficaria grilado. Imagine ser um médico, investigador, filósofo e físico renomado igual Luigi Galvani e principalmente CRIADOR da pilha galvânica (tá bom que não foi ele que explicou corretamente o processo, MAS) e as pessoas hoje em dia nem sequer dão atenção para sua invenção e vêem como apenas um "negócio" que liga eletrônicos. Mas relaxa, o autor que vos fala nem sabia que uma bateria é basicamente muitas pilhas ligadas em série até semana passada; sempre há tempo de honrar nosso amigo morto Galvani. Contudo, entretanto, todavia, é até interessante pensar que dentro daquele bloco que liga meu notebook acontece uma reação química e quando eu ligo ele (com a bateria colocada) acontece outra, é meio bizarro pensar que reações químicas passam despercebidas assim hoje em dia.



Fonte: O autor.

Parte Experimental

Pilha (ou bateria) 01: Batata doce.

- Cortou-se a batata doce em fatias
- Foram feitos 2 cortes em cada fatia de batata para as arruelas e moedas
- Foram empilhadas as batatas entre pedaços de EVA
- Nos cortes, foram colocadas as moedas e arruelas de modo que fiquem alternadas, de cada lado, entre arruela e moeda.
- Fios com ponta jacaré foram anexados aos eletrodos (arruelas e moedas) e a ponta banana a um multímetro.

Questionamentos:

Perguntas:

Porque o sistema foi montado de forma que moedas e arruelas fiquem alternadas?

Quais interferentes dessa bateria você acha que são mais prováveis de aparecerem numa situação real?

Semirreações:

$2Zn_{(s)} \rightarrow 2Zn^{2+}_{(aq)} + 4e^-$ ($E^o_{(oxi)} = 0,76$ V)
$O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} + 4e^- \rightarrow 4OH^-_{(aq)}$ ($E^o_{(redi)} = 0,40$ V)

Equação global:
$2Zn_{(s)} + O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2Zn^{2+} + 4OH^-_{(aq)}$ ($E^o = 1,16V$)

Pilha (ou bateria) 02: Forma de Gelo

- Fios de cobres foram enrolados em parafusos **zincados** em forma de V.
- Cada "V" foi colocado nos "quadradinhos" da forma de gelo de forma que a cabeça do parafuso fique submersa em um quadradinho e o fio de cobre enrolado no quadradinho ao lado.
- Cada quadradinho da forma foi preenchido com água e uma colher de sal de cozinha.
- Após montado o experimento, para checar a corrente foi mergulhado um led de forma que uma "perninha" fique em um quadrado e a outra "perninha" em outro quadrado.

Questionamentos:

Perguntas:

Para quê serve o sal colocado na água de cada quadradinho da forma? É possível que a quantidade desse sal possa interferir no experimento? Como?

Quais interferentes dessa bateria você acha que são mais prováveis de aparecerem numa situação real?

Semirreações:

$2Zn_{(s)} \rightarrow 2Zn^{2+}_{(aq)} + 4e^-$ ($E^o_{(oxi)} = 0,76$ V)
$O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} + 4e^- \rightarrow 4OH_{(aq)}$ ($E^o_{(red)} = 0,40V$)

Equação Global:

$2Zn_{(s)} + O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2Zn^{2+}_{(aq)} + 4OH^-_{(aq)}$ ($E^o = 1,16V$)

Pilha (ou bateria) 03: Limão

- Foram feitos 2 cortes em cada limão para as arruelas e moedas, semelhante a batata doce.
- Semelhante a batata doce, fixar os eletrodos de zinco e cobre em cada furo feito nos limões de modo que fiquem alternados
- Conectar o limão do meio aos das pontas usando um fio de ponta "jacaré-jacaré" e os das pontas a um multímetro com um fio de ponta jacaré.

Questionamentos:

Perguntas:

Qual gás poderia estar sendo produzido nessa pilha/bateria?

Quais interferentes dessa bateria você acha que são mais prováveis de aparecerem numa situação real?

Semirreações:

$Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^{-}$ ($E^{o}_{(oxi)} = 0,76$ V)
$2H^{+} + 2e^{-} \rightarrow H_{2(g)}$ ($E^{o}_{(oxi)} = 0,0$V)

Equação Global:

$Zn_{(s)} + 2H^{+}_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)}$ ($E^{o} = 0,76$V)

Preencha a tabela abaixo com os valores de ddp observados para cada experimento.

	Pilha de batata doce	Pilha de forma de gelo	Pilha de limão
d.d.p de Zn ligado a Cu observado			
d.d.p de Zn ligado a Zn observado			
d.d.p de Cu ligado a Zn observado			
d.d.p de Cu ligado a Cu esperado			

1) Houve alguma diferença entre os ddps esperado e observados? Se sim, porque você acha que isso ocorreu?
2) Explique os valores de ddp encontrados quando ligamos 2 materiais iguais, como em Zn ligado a Zn ou Cu ligado a Cu.

Semirreações:

$Zn^{2+}(aq) + 2\ e^- \leftrightarrow Zn(s)$ $\quad E^o_{red} = -0,76\ V$

$Cu^{2+}(aq) + 2\ e^- \leftrightarrow Cu(s)$ $\quad E^o_{red} = +0,34\ V$

APÊNDICE C – FORMULÁRIO DE FEEDBACK

Formulário de Feedback

Feedback sobre a oficina de pilhas e baterias com materiais do cotidiano.

* Indica uma pergunta obrigatória

1. E-mail *

2. Nome (para emissão certificado) *

3. CPF (para emissão certificado) *

4. Você acha que a oficina te ajudou a melhor compreender o funcionamento de pilhas e baterias? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Sim
- ◯ Não

5. Qual das alternativas você acha que pode influenciar no valor de d.d.p gerado por uma pilha? * 0 pontos

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Concentração de íons em solução.
- ◯ Volume de solução iônica.
- ◯ Tamanho dos eletrodos metálicos.
- ◯ O formato dos eletrodos.

6. Deixe uma sugestão de como podemos melhorar a oficina. *

7. Em poucas palavras , comente o que você achou da atividade. Por exemplo, se foi útil ou não, do que gostou ou do que não gostou. *

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

APÊNDICE D – ENTREVISTA COM O PROFESSOR REGENTE

A entrevista pode ser assistida pelo link:
https://drive.google.com/file/d/1PkobB6_50i6PoFveTnZGmieoHI3uT1EQ/view?usp=sharing