

A Metodologia de Resolução de Problemas aliada à Eletroquímica: Possibilidades para o Ensino Médio de Química

The Problem-Solving Methodology allied to Electrochemistry: Possibilities for High School Chemistry

Bruna de Brito de Souza Canali

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Química
brunabs.canali@gmail.com

Daniel da Chagas de Azevedo Ribeiro

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Química
professordanielufrgs@hotmail.com

Camila Greff Passos

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Química
camila.passos@ufrgs.br

Resumo

O objetivo deste trabalho é investigar quais as contribuições da metodologia de Resolução de Problemas (MRP), para o ensino de Eletroquímica aliado a uma perspectiva da Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). A pesquisa foi realizada com 82 estudantes de quatro turmas de terceiro ano do ensino médio regular de uma escola estadual da cidade de Cachoeirinha/RS. Os resultados foram produzidos por meio de análise de conteúdo das resoluções propostas pelos estudantes, a partir de categorias elaboradas *a priori*. Os dois problemas elaborados apresentam abordagens distintas com relação a seus enfoques, tendo o problema I simulado uma situação cotidiana e o problema II um contexto industrial o que refletiu de forma significativa na identificação que os estudantes tiveram com os problemas. De forma geral, os resultados se mostraram promissores quanto às contribuições da MRP associadas ao princípio norteador CTS para o processo de ensino e aprendizagem analisado.

Palavras chave: Ensino de Eletroquímica, Resolução de Problemas, Problema Eficaz

Abstract

The objective of this work is to investigate the contributions of the Problem-Solving Methodology (PSM) to the teaching of Electrochemistry combined with a Science, Technology and Society (STS). The research was carried out with 82 students from four third year classes of regular high school at a state school in the city of Cachoeirinha/RS. The results were produced through content analysis of the resolutions proposed by the students, based on categories

developed a priori. The two problems that were elaborated present distinct characteristics in relation to their approaches; problem I simulated an everyday situation and problem II simulated an industrial context, which reflected significantly on the identification that the students had with the problems. Overall, the results were promising regarding the contributions of (PSM) associated with the (STS) guiding principle to the analyzed teaching and learning process.

Key words: Electrochemistry Teaching, Problem-Solving, Effective Problem

Introdução

O ensino e a aprendizagem de eletroquímica podem constituir uma grande dificuldade tanto para professores quanto para estudantes. Isso porque alguns conceitos que envolvem a eletroquímica são de difícil compreensão e requerem dos alunos a elaboração de modelos e a utilização de uma linguagem científica que pode gerar confusões (LIMA, 2004). Algumas dificuldades estão associadas à identificação das reações na célula eletroquímica; como ocorre o fluxo de elétrons; as terminologias utilizadas como eletrólito, ânodo, cátodo e ponte ou solução salina no caso das pilhas e baterias (LIMA, 2004).

Além das dificuldades de compreensão relacionadas à complexidade do conteúdo, a utilização de métodos exclusivamente tradicionais de ensino pode não relacionar os conteúdos de Química com o cotidiano dos estudantes (FERREIRA; GONÇALVES; SALGADO, 2021) ou isolar a ciência de questões sociais, éticas e políticas, dificultando a elaboração do pensamento crítico dos estudantes. Diante disso, o emprego de uma metodologia ativa de ensino e aprendizagem se faz necessária. Uma maneira de promover não só a contextualização, mas também o desenvolvimento de uma postura crítica e ativa, é por meio da metodologia de Resolução de Problemas (RIBEIRO; PASSOS; SALGADO, 2020). Nesse sentido, considera-se que a contextualização permite a construção de significados e vai muito além da mera exemplificação (WARTHA; ALÁRIO, 2005).

Entre as possibilidades de contextualização, considera-se a interface entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) como um princípio norteador que favorece a integração entre aspectos científicos e tecnológicos de forma imbricada com questões éticas, políticas, históricas e sociais (SANTOS; MORTIMER, 2002). Nesse contexto, este trabalho objetiva investigar quais as contribuições da metodologia de Resolução de Problemas (MRP), para o ensino de Eletroquímica aliado a uma perspectiva CTS em turmas do terceiro ano do ensino médio regular de uma escola estadual da região metropolitana de Porto Alegre/RS.

Fundamentação Teórica

O ensino de Química é, muitas vezes, inserido em um currículo tradicional que prioriza apenas certos aspectos conceituais da Química nos quais conceitos e definições são, por vezes, utilizados de forma mecânica por professores e tão logo pelos estudantes (MACHADO; MORTIMER; ROMANELLI, 2000). No processo de aprendizagem da Química, espera-se que os estudantes tenham contato com os diferentes níveis de representação da matéria, para que passem por três etapas: a compreensão do macroscópico, microscópico e simbólico, possibilitando que o educando observe um fenômeno, compreenda-o e consiga representá-lo de maneira simbólica (FERREIRA; GONÇALVES; SALGADO, 2021). Neste sentido, algumas dificuldades de aprendizagem podem ser bem comuns entre os estudantes, principalmente as



relacionadas aos conceitos abstratos, uso de linguagem científica, elaboração de modelos mentais e a compreensão de ligações e reações químicas (WARTHA; REZENDE, 2017).

No ensino de eletroquímica, as reações de oxirredução, por serem complexas e exigirem a compreensão de uma série de conceitos, tais como ânodo, cátodo, redução, oxidação e transferência de elétrons, podem ser um desafio tanto para os professores quanto para os alunos (FERREIRA; GONÇALVES; SALGADO, 2021). Ainda sobre as dificuldades mais específicas de aprendizagem de eletroquímica, Niaz e Chacón (2003) citam que as maiores dificuldades estão em identificar onde ocorre a reação na célula eletroquímica, como se dá o fluxo de elétrons, o que é um eletrólito, além das terminologias utilizadas nessa área de estudo. Barreto, Batista e Cruz (2017), também apontam como dificuldades o entendimento das reações de oxidação e redução, do fenômeno da corrosão e de como a transferência de elétrons gera corrente elétrica.

Diante das dificuldades apontadas, faz-se necessária a utilização de metodologias e estratégias diversificadas que auxiliem na associação entre fenômeno e teoria. Além disso, essas estratégias devem ser pensadas de forma que permitam aos estudantes o aprendizado de forma integrada e contextualizada (FERREIRA; GONÇALVES; SALGADO, 2021).

A Resolução de Problemas (RP) é uma metodologia caracterizada por envolver os educandos na construção dos seus conhecimentos de forma contextualizada e ativa (LIMA; ARENAS; PASSOS, 2017). Tal metodologia começou a ser empregada no Ensino de Ciências a partir dos anos 1990 e é derivada do método *Problem Based Learning* (PBL), ou Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) (LIMA; ARENAS; PASSOS, 2017). Essa metodologia está direcionada a uma aprendizagem de conceitos científicos, através de situações-problema que necessitam da utilização de determinados procedimentos para a obtenção de uma resolução (LIMA; ARENAS; PASSOS, 2017).

Um problema pode ser definido como "uma situação que um indivíduo ou um grupo quer ou precisa resolver e para a qual não dispõe de um caminho rápido e direto que o leve à solução" (ECHEVERRÍA; POZO, 1998, p. 15). Para Echeverría e Pozo (1998), ensinar a resolver problemas não é somente fornecer aos estudantes métodos e estratégias de resolução, mas sim, criar nos educandos o hábito e a atitude de enfrentar o processo de aprendizagem como um problema no qual a resposta deve ser encontrada. O objetivo principal de propor problemas aos alunos é, portanto, incentivá-los a criar o hábito de propor-se problemas e resolvê-los como uma forma de aprender (ECHEVERRÍA; POZO, 1998).

Na MRP, os estudantes desempenham um papel ativo e de investigação e o professor orienta esse estudo. O conhecimento construído, a partir dos problemas, ocorre à medida que os estudantes observam, elaboram hipóteses, consultam fontes de informação, planejam uma resolução para o problema e executam seus planejamentos (LIMA; ARENAS; PASSOS, 2017).

Para a utilização e implementação da MRP, algumas etapas são apontadas por Aznar e Nieto (2009):

1. *Análise qualitativa do problema:* Essa etapa corresponde à análise dos enunciados, à identificação de possíveis concepções alternativas por parte dos estudantes e à análise da necessidade da elaboração de um aporte teórico que auxilie na elaboração de hipóteses.
2. *Projeção de hipóteses:* Nessa etapa, os estudantes especulam hipóteses que serão importantes na interpretação dos resultados obtidos.
3. *Elaboração de estratégias de resolução:* Os estudantes organizam um plano de trabalho com os procedimentos necessários para resolver o problema.



4. *Resolução do problema:* É preferível que cada grupo tenha uma resolução diferente para o problema proposto. Nessa etapa, o estudante deve ser estimulado a explicar as estratégias utilizadas em cada etapa de sua resolução, objetivando identificar falhas durante o processo.

5. *Análise de resultados:* Todos os resultados devem ser levados em consideração, permitindo, assim, verificar dificuldades pontuais dos estudantes.

Solucionar problemas envolve, portanto, um processo de reflexão, tomadas de decisão que são feitas com base numa sequência de passos estabelecidos pelos aprendizes na construção das suas resoluções. Essa elaboração de uma sequência de passos, com base na reflexão, é o principal diferencial de um problema e de um exercício. No caso do exercício, utiliza-se uma série de mecanismos que nos levam a uma solução, um pensamento padrão de etapas a serem seguidas, sem que seja necessário um processo de reflexão crítica (ECHEVERRÍA; POZO, 1998).

Ribeiro, Passos e Salgado (2020) estabelecem com base em um aporte teórico, que um problema eficaz atende a quatro importantes características: contextualização, reflexão crítica, motivação e o favorecimento da pesquisa e investigação.

A contextualização de um problema proposto favorece a apropriação e a aproximação do problema com o cotidiano do estudante. Quando o estudante se sente envolvido e próximo do problema proposto, sua motivação em resolvê-lo aumenta. Isso porque a contextualização permite que o estudante relacione teoria e prática (WARTHA; SILVA; BEJERANO, 2013).

Um problema eficaz deve proporcionar uma reflexão crítica que pode levar o estudante a um posicionamento social ou político. Quando um problema é construído de forma a promover uma reflexão crítica, os alunos podem desenvolver sua capacidade de resolver situações que sejam mais desafiadoras e isso possibilita a eles um aprimoramento da criatividade e do senso crítico diante de problemas (RIBEIRO; PASSOS; SALGADO, 2020).

Um problema eficaz motiva o educando a resolver o problema. A motivação está associada ao interesse do estudante sobre um determinado assunto e que seja relevante para ele. A motivação para resolver um problema não é somente um fator interno, mas as condições para a resolução também são importantes, como o ambiente escolar e a orientação do professor. Quando os aprendizes estão motivados, eles apresentam um maior desempenho por se envolverem com o problema proposto (RIBEIRO; PASSOS; SALGADO, 2020).

Por fim, um problema eficaz favorece a pesquisa e a investigação. Para que um problema seja resolvido, os estudantes precisam elaborar hipóteses e procedimentos. Caso os alunos não elaborem procedimentos adequados, o problema não será resolvido (ECHEVERRÍA; POZO, 1998). Nesse sentido, ao elaborar os procedimentos e hipóteses, o educando também estabelece o que será investigado ou pesquisado. Ao estabelecer seus métodos, os estudantes tomam decisões e, por fim, são capazes de chegar a resoluções adequadas à proposta (RIBEIRO; PASSOS; SALGADO, 2020).

Metodologia de Pesquisa e Pedagógica

A pesquisa foi realizada utilizando a metodologia de investigação qualitativa em um ambiente educacional. Para Bogdan e Biklen (1994), o processo de investigação qualitativa reflete uma espécie de diálogo entre os investigadores e os sujeitos da investigação. Neste trabalho, apresenta-se a análise de uma experiência de utilização da MRP no Ensino Médio, contextualizando tópicos relacionados com o Ensino de Eletroquímica. O estudo foi desenvolvido com quatro turmas do terceiro ano, totalizando 82 alunos, no período noturno de



uma escola pública estadual da cidade de Cachoeirinha/RS. Os dados para a pesquisa foram coletados através das resoluções dos problemas propostas pelos estudantes. Para que os dados coletados pudessem ser utilizados nesta pesquisa, foi aplicado um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

A apreciação das resoluções foi feita por intermédio de uma análise interpretativa dos resultados a partir de análise de conteúdo (BARDIN, 2010). A técnica de análise de conteúdo é composta por três etapas: A etapa da pré-análise, na qual é realizada a organização da análise mediante a elaboração de hipóteses e indicadores que fundamentam a interpretação dos dados; a exploração do material, em que é feita a codificação dos dados; o tratamento dos resultados e interpretação, nos quais é feita a categorização dos dados, utilizando os indicadores elaborados (BARDIN, 2010). Foram utilizadas categorias elaboradas *a priori*, adaptadas de uma escala proposta por Toma, Greca e Meneses-Villagrà (2017). Tal instrumento de análise é dividido em 4 categorias: Identificação e definição do problema; pesquisa bibliográfica; utilização de conceitos químicos nas resoluções; e a apresentação das resoluções. O quadro 1 apresenta a escala.

Quadro 1: Escala para classificação das resoluções dos problemas

| Categorias | A | B | C | D |
|---|--|---|--|--|
| 1. Identificação e definição do problema. Levantamento de questões. Organização do grupo para realização do trabalho. | Identifica o problema. Apresenta uma delimitação do tema. O grupo demonstrou organização para realizar o trabalho. | Identifica o problema. Apresenta uma delimitação do tema. O grupo demonstrou organização parcial para realizar o trabalho. | Identifica o problema. Não apresenta uma delimitação do tema. O grupo demonstrou pouca organização para realizar o trabalho. | Não há uma identificação nem uma delimitação do tema. O grupo não demonstrou organização para realizar o trabalho. |
| 2. Pesquisa bibliográfica. | Utilizou uma ou mais fontes bibliográficas. Existe uma discussão sobre o tema. | Utilizou apenas uma fonte bibliográfica. Existe uma discussão superficial sobre o tema. | Utilizou apenas uma fonte bibliográfica. Não apresenta uma discussão sobre o tema. | Não apresenta fontes bibliográficas utilizadas. |
| 3. Emprego dos conceitos químicos na solução do problema. | Apresenta satisfatória relação entre as reações eletroquímicas e o descarte de pilhas e baterias e células a combustível. | Apresenta uma relação superficial entre as reações eletroquímicas e o descarte de pilhas e baterias e células a combustível. | Apresenta relação mínima entre as reações eletroquímicas e o descarte de pilhas e baterias e células a combustível. | Não apresenta nenhuma relação entre as reações eletroquímicas e o descarte de pilhas e baterias e células a combustível. |
| 4. Resoluções apresentadas. | Apresenta solução eficiente. O grupo apresentou a resolução de maneira criativa e utilizou argumentos para defender sua resolução. | Apresenta solução eficiente. O grupo apresentou a resolução com certo nível de criatividade e utilizou alguns argumentos para defender sua resolução. | Apresenta solução pouco eficiente. O grupo apresentou a resolução de maneira pouco criativa e não utilizou argumentos suficientes para defender sua resolução. | Não apresenta solução eficiente. O grupo não apresentou a resolução de maneira criativa e não utilizou argumentos para defender sua resolução. |

Fonte: Os autores.



No quadro 2, as atividades didáticas são descritas. Destaca-se que as etapas sugeridas por Aznar e Nieto (2009), para implementação da MRP, foram desenvolvidas ao longo das aulas 5 e 6, totalizando 4 horas por turma. Os 82 estudantes realizaram as atividades da RP organizados em 23 grupos. Os grupos serão identificados de forma aleatória como grupo 1 até 23, para identificação dos exemplos de respostas.

Quadro 2: Resumos das atividades desenvolvidas.

| Aula | Objetivos | Metodologia | Recursos Didáticos |
|------|---|--|--|
| 1 | Introduzir os conceitos de reações de oxirredução. Favorecer a compreensão do que é uma reação de oxirredução. Desenvolver ideias e reflexões acerca da pergunta norteadora e identificar os fatores responsáveis pelo processo de ferrugem e corrosão. | Pergunta norteadora - Por que normalmente se pintam os portões e as cercas de ferro com tinta a óleo? Utilização do Diagrama dos porquês. O diagrama funciona da seguinte forma: Inicia-se com o estabelecimento de uma pergunta. Uma vez encontradas as causas ou a resposta da pergunta, essas causas ou respostas são novamente questionadas sobre como ou por que elas ocorreram. Essa sequência é interessante de ser feita pois é um trabalho em equipe e ajuda no desenvolvimento de ideias e reflexões. | Dinâmica para elaboração do diagrama dos porquês para organizar os conhecimentos dos estudantes. |
| 2 | Promover uma reflexão a respeito das mudanças necessárias para preservação do nosso planeta considerando aspectos sociais, econômicos e ambientais. | Visita à exposição de esculturas inspirados nos 17 Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ODS) que pode ser consultado no site: https://brasil.un.org/pt-br/sdgs A exposição foi montada na Usina do Gasômetro na cidade de Porto Alegre. Os estudantes realizaram algumas filmagens no local da exposição para a elaboração de seus documentários. Cada documentário deveria apontar aspectos do objetivo do grupo e uma intervenção para o problema apontado | Visitação à exposição das ODS. Produção de um documentário com proposta de intervenção. |
| 3 | Identificar o que constitui uma substância como oxidante e redutora Observar uma reação eletroquímica e propor hipóteses para explicar a reação. | Aula prática realizada em grupos para que os estudantes observassem e anotassem suas conclusões acerca da prática executada. | Experimento: “Vitamina C Como agente redutor – Interação Com Iodo”. Elaboração de um relatório sobre a prática executada. Exercícios sobre cálculo de nox. |
| 4 | Desenvolver a autonomia e a | Apresentação do projeto | Montagem da sala temática |



| | | | |
|---|--|---|--|
| | reflexão dos estudantes com a criação de uma apresentação (documentário) e elaboração de uma sala temática. | desenvolvido sobre as 17 ODS através de uma sala temática e documentário produzido pelos estudantes com a explicação do objetivo e uma proposta de intervenção. | utilizando materiais recicláveis; Apresentação dos documentários produzidos pelos estudantes. |
| 5 | Analisar e discutir sobre os diferentes usos e tipos de pilhas e baterias. Refletir a respeito do consumismo e obsolescência em especial de equipamentos eletrônicos. Entender a diferença entre pilha e bateria e identificar o tipo de reação existente nesses dispositivos. | A partir da pergunta norteadora: “O que é necessário para uma pilha ou bateria funcionar?” discutiu-se a respeito da constituição de pilhas e baterias. Montagem de uma pilha com latinhas através de um experimento demonstrativo com materiais simples. Para discutir sobre os diferentes tipos de pilhas e baterias e suas aplicações foram utilizados slides para complementar a explicação. Foi utilizado um vídeo para conceituar a obsolescência programada e refletir sobre nossa cultura de consumo. Orientação para a elaboração das resoluções de Problemas em grupos. | Experimento demonstrativo: Pilha de latinha. Slides sobre os tipos e aplicações de pilhas e baterias. Uso de um vídeo sobre obsolescência programada: https://youtu.be/dxbD0pUzjP0 Resolução dos problemas elaborados pela professora. |
| 6 | Refletir sobre o descarte de pilhas e das baterias e o impacto causado ao meio ambiente. Analisar alternativas de pilhas e baterias. | Debate sobre a Resolução de Problema proposta analisando aspectos sociais, econômicos, tecnológicos e ambientais. Preenchimento do questionário de avaliação. | Apresentação das resoluções elaboradas pelos estudantes utilizando recursos variados de apresentação. Questionário de avaliação. |

Fonte: Os autores.

Os Problemas e suas Características

Para a elaboração dos problemas, utilizaram-se as principais características de um problema eficaz apontadas por Ribeiro, Passos e Salgado (2020). Tais características contemplam a contextualização do problema, reflexão crítica, a motivação e a possibilidade de investigação e tomada de decisão.

Para que os problemas fossem contextualizados, buscou-se utilizar informações bem conhecidas pelos estudantes, além de apontar questões que promovem uma reflexão crítica acerca dos problemas. A motivação foi contemplada ao inserir os estudantes no problema proposto, seja por citar uma prática cotidiana ou imaginar uma situação de futura profissão. Os problemas foram propostos de modo a possibilitar a investigação e a pesquisa dos alunos. Também procurou-se promover uma tomada de decisão, porque assim os estudantes poderiam se posicionar frente às suas resoluções.

Além disso, os problemas elaborados também estão de acordo com as orientações de competências e habilidades estabelecidos pela BNCC, já que uma das competências específicas da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias estabelece que é preciso: “Analisar

fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos”, diminuam “impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global” (BRASIL, 2018, p. 554).

O quadro 3 apresenta os problemas elaborados bem como as características de um problema eficaz apontadas por Ribeiro, Passos e Salgado (2020) em destaque. Além disso, ressalta-se que os problemas elaborados foram validados por pesquisadores da área de ensino de Química, que realizaram sugestões as quais foram atendidas.

Quadro 3: Problemas elaborados e propostos.

Problema I: Nas últimas décadas, a sociedade aumentou de maneira significativa o consumo de aparelhos eletrônicos portáteis como: brinquedos, celulares, computadores, câmeras fotográficas, ferramentas elétricas, aparelhos médicos etc. Por consequência, junto a esse crescimento, aumentou também a demanda por pilhas e baterias. Apenas no Brasil, em 2019, mais de 2 milhões de toneladas de lixo eletrônico foram descartadas e tais aparelhos podem conter em sua constituição metais pesados e materiais tóxicos que são prejudiciais ao meio ambiente. Logo, o aumento de consumo reflete também no aumento do descarte. **Imagine a seguinte situação:** Durante a organização de algumas caixas que estavam guardadas no armário de sua casa, você percebeu a presença de vários aparelhos eletrônicos, incluindo até mesmo algumas pilhas soltas. **Você decide então descartar esses objetos, já que estão sem uso há bastante tempo.** Quais seriam as consequências se você descartasse no lixo comum tais objetos? Pesquise quais seriam as alternativas de descarte e discuta as vantagens e desvantagens dessas alternativas, considerando fatores econômicos, ambientais e sociais. Decida, então, qual será o seu modo de descarte escolhido.

Problema II: Diante da necessidade de aumentar a durabilidade e também a eficiência energética de pilhas e baterias, outras alternativas de pilhas e baterias vêm sendo buscadas. Além da eficiência energética, buscaram-se também alternativas com menor impacto ambiental. Um exemplo disso são as células a combustível. **Você trabalha para uma concessionária de energia e sua função é pesquisar e encontrar as melhores alternativas no mercado para atender às demandas da sua empresa, que está analisando a possibilidade de investir na pesquisa de células a combustível.** Então, em suas pesquisas, **você identifica as células a combustível como uma alternativa realmente eficiente.** Faça um relatório para sua empresa, apontando as vantagens e desvantagens econômicas, ambientais e sociais desse tipo de energia. Indique também brevemente quais os princípios de funcionamento dessa bateria.

Legenda: Contextualização; Reflexão crítica; Motivação; Possibilidade de investigação

Fonte: Os autores.

Resultados e Discussões

As tabelas 1 e 2 apresentam o resultado da avaliação sobre as produções escritas e apresentações das resoluções dos problemas propostas pelos 23 grupos.

Tabela 1: Avaliação das resoluções do Problema I propostas pelos grupos

| Categoria | A | B | C | D |
|-----------|-----------|----------|---|----------|
| 1 | 21 grupos | 2 grupos | | |
| 2 | 13 grupos | 2 grupos | | 8 grupos |
| 3 | 22 grupos | 1 grupo | | |



| | | |
|---|-----------|-----------|
| 4 | 11 grupos | 12 grupos |
|---|-----------|-----------|

Fonte: Os autores.

Tabela 2: Avaliação das resoluções do Problema II propostas pelos grupos

| Categoria | <i>A</i> | <i>B</i> | <i>C</i> | <i>D</i> |
|------------------|-----------|----------|----------|----------|
| 1 | 21 grupos | 2 grupos | | |
| 2 | 13 grupos | 2 grupos | | 8 grupos |
| 3 | 22 grupos | 1 grupo | | |
| 4 | 7 grupos | 9 grupos | 7 grupos | |

Fonte: Os autores.

A respeito da categoria 1, na qual foi avaliada a capacidade de os estudantes delimitarem o tema dos problemas e demonstrarem organização para a elaboração das resoluções, 21 grupos demonstraram ter identificado bem os dois problemas e 2 grupos tiveram dificuldades de organização.

Com relação à categoria 2, correspondente ao uso de referencial bibliográfico e discussão sobre o tema, todos os grupos utilizaram fontes de pesquisa, mas alguns grupos não apresentaram suas fontes conforme havia sido solicitado. Além disso, alguns grupos tiveram certo grau de dificuldade em discutir sobre os problemas apresentados.

Na categoria 3, correspondente à relação entre as reações eletroquímicas e a temática dos problemas, os estudantes de 22 grupos, nos dois problemas, conseguiram relacionar bem os conceitos aprendidos nas aulas de eletroquímica com os problemas propostos, como se pode observar em alguns exemplos: *“Hidrogênio é separado por um ânodo, em um elétron e um próton, o elétron passa pelo circuito, eletrizando algo. Já o próton atravessa o eletrólito e chega junto ao elétron ao polo onde o oxigênio é liberado e todos se juntam, formando água.”* (Grupo 4 - Turma 305, grifos meus), *“A célula de combustível é um dispositivo de conversão de energia eletroquímica. É capaz de converter hidrogênio e oxigênio em eletricidade.”* (Grupo 1 Turma 306, grifo meu), e *“Tanto os equipamentos quanto as baterias possuem substâncias que se jogadas no lixo e enviadas a aterros sanitários podem causar danos importantes ao meio ambiente.”* (Grupo 4 - Turma 304, grifo meu).

Por fim, em relação às soluções e apresentação dos problemas propostos (categoria 4), pode-se identificar uma maior criatividade e reflexão crítica, além de a utilização de argumentos nas resoluções propostas para o problema I, como pode-se verificar nos exemplos abaixo: *“Projetos de reciclagem e destinação do lixo eletrônico merecem uma atenção maior da sociedade já que a quantidade produzida de lixo é enorme. Ainda mais com o crescimento acelerado de novas tecnologias. A divulgação também deve ser de ampla abrangência, pois, como, por exemplo, o projeto citado, poucas pessoas têm o conhecimento da existência dos mesmos. Portanto, cabe a cada indivíduo conscientizar o próximo o quão importante essas práticas refletem de maneira positiva em nossa sociedade como um todo.”* (Grupo 2 - Turma 305). Essa é uma proposta interessante ao notar-se a tomada de consciência como uma solução. Embora apenas ter acesso a uma informação, ou seja, ter uma consciência do problema não necessariamente muda as



atitudes de alguém, a proposta do grupo é a de que haja um esforço coletivo de tornar o problema conhecido a todos e assim motivar a mudança (SANTOS *et al.*, 2013). Em outra proposta de resolução, o grupo 3, da turma 303, trouxe a doação como uma boa alternativa: “Doação é alternativa para o descarte do lixo eletrônico”. Associado a isso, o grupo 4, também da turma 303, propôs repensar nossas ideias de consumo. Tal proposta demonstra que os estudantes conseguiram, além de delimitar bem o tema, perceber a relação com a obsolescência programada, assunto também tratado em aula. “O grande problema é o consumo exagerado motivado pelo sistema capitalista. Pensamos que para ajudar no problema, podemos diminuir compras desnecessárias e doar o que não utilizamos mais.” Alguns grupos demonstraram grande identificação com o problema I ao localizarem em sua própria cidade locais próprios para o descarte correto: “Como fazer o descarte corretamente? É bom pesquisar na internet sobre pontos de coleta específicos para lixo eletrônico e **pilhas**, tais como aqui perto em Cachoeirinha a Trade recycle.” (grifo meu).

Em relação à categoria 4 do problema II, pode-se constatar que 9 grupos apresentaram suas resoluções com menos criatividade e 6 grupos não utilizaram bons argumentos na sua resolução ao não demonstrarem criticidade. Isso pode indicar que o problema II não foi visto pela maioria (15 grupos) como um problema real e suas resoluções muito se assemelhavam a um exercício. Tal situação pode estar associada ao fato de o problema II ter características de um problema mais fechado o que pode ter limitado a criatividade dos estudantes e provocado a não identificação de um problema a ser resolvido. Pozo e Crespo (1998) afirmam que problemas mais abertos confrontam o educando com algo desconhecido e ele precisa traçar estratégias, hipóteses e desenvolver a capacidade crítica para julgar tais estratégias de resolução. Já os problemas com características mais fechadas, nos quais há mais instruções e informações, podem fazer com que o aluno não encare como problema e sim como apenas um exercício.

A tabela 3 apresenta um resumo das estratégias teóricas elaboradas pelos estudantes para os 2 problemas.

Tabela 3: Estratégias usadas pelos alunos para resolverem os problemas

| Estratégias teóricas | |
|----------------------|--|
| Pr I | Projetos de reciclagem Diminuição do consumo Conscientização Divulgação Doação como alternativa ao descarte |
| Pr II | Apresentação das definições, descrição do processo de obtenção de energia a partir das células a combustível. Identificação de vantagens ambientais e sociais. Identificação de impactos ambientais. |

Fonte: Os autores.

Frente as estratégias usadas pelos alunos para resolverem os problemas, considera-se que os dois problemas favoreceram para o processo de tomada de consciência dos estudantes sobre o descarte de pilhas e baterias, assim como sobre alternativas energéticas para tais, os problemas socioambientais envolvidos, suas causas e consequências. Como apontam Santos *et al.* (2013,



p. 110), na “tomada de consciência, o sujeito precisa realizar uma ação – seja ela material, ou não –, e ter capacidade de explicá-la, porque quando sabe explicar ou justificar sua ação, demonstra que houve uma construção conceitual”.

O desenvolvimento de conteúdos socioambientais no ensino de Química vem sendo debatido e proposto por alguns educadores/pesquisadores de modo a abranger as estruturadas associações entre CTS e fortalecer a comunicação entre os educandos, quando externam e dividem pontos de vista (SANTOS, 2007, SANTOS; MORTIMER, 2002). Neste sentido, compreende-se que a MRP associada com a abordagem CTS oportunizou a reflexão dos educandos acerca de questões próprias do seu contexto social e ambiental, dando a eles a oportunidade de se comprometerem e, se possível, ensejando-lhes mudar sua própria realidade.

Considerações Finais

Este trabalho apresentou a elaboração de dois problemas segundo as características de um problema eficaz para o ensino de Eletroquímica em turmas de 3º ano do ensino médio regular. A ênfase foi o foco na perspectiva CTS com o objetivo de trabalhar com situações que permitissem o debate social, tecnológico, ambiental e econômico em sala de aula.

Os dois problemas elaborados apresentam características distintas com relação a seus enfoques, tendo o problema I simulado uma situação cotidiana e o problema II um contexto industrial o que refletiu de forma significativa na identificação que os estudantes tiveram com os problemas. Além disso, embora os alunos tenham apresentado uma certa dificuldade em discutir sobre os problemas apresentados, as resoluções apresentadas pelos 23 grupos evidenciaram que os aprendizes conseguiram utilizar e articular os conceitos trabalhados nas aulas teóricas anteriores e apresentar resoluções adequadas aos problemas propostos.

De forma geral, os resultados se mostraram promissores quanto às contribuições da MRP associadas ao princípio norteador CTS para o processo de ensino e aprendizagem analisado. Isso porque os problemas foram organizados de modo a atender às características de um problema eficaz, ou seja, os estudantes foram incentivados à pesquisa, ao trabalho em grupo e à elaboração de argumentos para a resolução dos Problemas.

Entende-se que, para uma futura aplicação da MRP, uma reorganização na distribuição dos Problemas aos grupos pode ser feita. Os grupos receberiam mais Problemas distintos uns dos outros para, assim, expandir as discussões acerca das questões socioambientais estudadas.

Referências

- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2010. 281 p.
- BOGDAN, R.; BIKLEN, S. K. **Investigação Qualitativa em Educação**. Portugal: Porto, 1994. 336 p.
- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, DF: MEC, 2018.
- ECHEVERRÍA, M. D. P. P.; POZO, J. I. Aprender a resolver problemas e resolver problemas para aprender. In: POZO, J. I. **A solução de problemas: aprender a resolver, resolver para aprender**. Porto Alegre: Artmed, 1998. p. 13-43.



- FERREIRA, A. S.; GONÇALVES, A. M.; SALGADO, J. T. S. Dificuldades de aprendizagem do conteúdo de eletroquímica no ensino médio. **Scientia Naturalis**, Rio Branco, v. 3, n. 4, p. 1707-1720, 2021.
- LIMA, V. A. **Atividades experimentais no ensino médio - reflexão de um grupo de professores a partir do tema eletroquímica**. 2004. Dissertação (Mestrado em Ensino e Ciências - Química) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- LIMA, F. S. C.; ARENAS, L. T.; PASSOS, C. G. A metodologia de resolução de problemas: uma experiência para o estudo das ligações químicas. **Química nova**, v. 41, n. 4, p. 468-475, 2017.
- MACHADO, A. H.; MORTIMER, E. F.; ROMANELLI, L. I. A proposta curricular de química do estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química nova**, v. 23, n. 2, p. 273- 283, 2000.
- MARTÍNEZ-AZNAR, M. M.; VARELA-NIETO, M. P. La Resolución de problemas de energía en la formación inicial de maestros. **Revista de investigación y experiencias didácticas**, v. 27, n. 3, p. 343-360, 2009.
- NIAZ, M.; CHACÓN, E. A Conceptual Change Teaching Strategy to Facilitate High School Students' Understanding of Eletrochemistry. **Journal of Science Education and Technology**, v. 12, n. 2, 2003.
- POZZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. A Solução de Problemas nas Ciências da Natureza. In: POZO, J. I. **A solução de problemas: aprender a resolver, resolver para aprender**. Porto Alegre: Artmed, 1998. p. 67-102.
- RIBEIRO, D. C. A.; PASSOS, C. G.; SALGADO, T. D. M. A metodologia de resolução de problemas no ensino de ciências: as características de um problema eficaz. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 22, p. 1-21, 2020.
- SANTOS, E. R.; FERREIRA, A. C.; SERPE, B. M.; ROSSO, A. J. Uso dos termos consciência, conscientização e tomada de consciência nos trabalhos paranaenses de Educação Ambiental. **Revista de Educação Pública**, v. 22, n. 48, p. 103-123, jan./abr. 2013.
- SANTOS, W. L. P. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. **Ciência & Ensino**, n. especial, p. 1-12, 2007.
- SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio Pesquisa em educação em ciências**, Belo Horizonte, v. 2. n. 2. p. 110-132, dez. 2002.
- TOMA, R. B.; GRECA, I. M.; MENESES-VILLAGRÁ, J. A. Dificultades de Maestros en Formación Inicial para Diseñar Unidades Didácticas usando la Metodología de Indagación. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v.14, n. 2, p. 442-457, 2017.
- WARTHA, E. J.; ALÁRIO, A. F. A contextualização no ensino de química através do livro didático. **Química nova na escola**, n. 22, p.42-47, dez. 2005.
- WARTHA, E. J.; REZENDE, D. B. As representações no ensino de química na perspectiva da semiótica peirceana. **Educação química em ponto de vista**, v. 1, n. 1, p.181-202, 2017.
- WARTHA, E. J.; SILVA, E. L.; BEJARANO, N. R. R. Cotidiano e Contextualização no Ensino de Química. **Química nova na escola**. v. 35, n. 2, p. 84-91, maio 2013.