

Sequência de Ensino Investigativa sobre Metais Pesados: uma proposta com vistas à promoção da Alfabetização Científica no Ensino Médio

Investigative Teaching Sequence on Heavy Metals: a proposal to promote Scientific Literacy in Secondary Schools

Secuencia Didáctica Investigativa sobre Metales Pesados: una propuesta para promover la Alfabetización Científica en Secundaria

Ana Paula Vieira Vilaça (anapaulavilaca13@hotmail.com)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - IFRN, Brasil
<https://orcid.org/0000-0001-7931-2856>

Luciana Medeiros Bertini (luciana.bertini@ifrn.edu.br)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - IFRN, Brasil
<https://orcid.org/0000-0003-0208-2233>

Resumo

As discussões em torno das possibilidades de mudanças nas estratégias/abordagens metodológicas do ensino de química, com vistas a superação de um ensino simplista de memorização para uma prática pedagógica orientada à alfabetização científica, é uma crescente nos ambientes acadêmicos. É nessa perspectiva que este trabalho tem como objetivo contribuir com esta discussão ao propor uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) sobre o conteúdo de metais pesados para o ensino médio. Portanto, apresentamos, inicialmente, o referencial teórico que sustenta a proposta, abordando os principais pontos do ensino por investigação e da alfabetização científica, seguido pelo processo metodológico de elaboração da SEI e, finalmente, as atividades sugeridas e como estas podem ser desenvolvidas em sala de aula. Esperamos, dessa forma, que os alunos consigam demonstrar habilidades quanto a elaboração e teste de hipóteses, justificativas e previsões de acontecimentos futuros com base em conhecimentos que se tem e possam ainda trabalhar com dados obtidos ao longo da investigação de modo a organizá-los e comunicá-los, isto é, apresentem traços que indiquem desenvolvimento de alfabetização científica.

Palavras-chave: Alfabetização Científica; Ensino por investigação; Metais pesados.

Abstract

Discussions about the possibilities for changes in methodological strategies/approaches in chemistry teaching, with a view to overcoming simplistic memorization teaching for a pedagogical practice oriented towards scientific literacy, are growing in academic environments. It is from this perspective that this work aims to contribute to this discussion by proposing an Investigative Teaching Sequence (ITS) on the content of heavy metals for secondary education. Therefore, we initially present the theoretical

framework that underpins the proposal, addressing the main points of inquiry teaching and scientific literacy, followed by the methodological process of preparing the SEI and, finally, the suggested activities and how they can be developed in the classroom. In this way, we hope that the students will be able to demonstrate skills in developing and testing hypotheses, justifying and predicting future events based on existing knowledge, and that they will be able to work with the data obtained during the investigation in order to organize and communicate it, i.e. show traits that indicate the development of scientific literacy.

Keywords: Scientific literacy; Teaching by investigation; Heavy metals

Resumen

Las discusiones sobre las posibilidades de cambios en las estrategias/enfoques metodológicos en la enseñanza de la química, con vistas a superar la enseñanza memorística simplista por una práctica pedagógica orientada a la alfabetización científica, están creciendo en los ambientes académicos. Es desde esta perspectiva que este trabajo pretende contribuir a esta discusión proponiendo una Secuencia Didáctica Investigativa (SID) sobre el contenido de metales pesados para la enseñanza media. Para ello, presentamos inicialmente el marco teórico que sustenta la propuesta, abordando los principales puntos de la enseñanza indagatoria y la alfabetización científica, seguido del proceso metodológico de elaboración de la SEI y, finalmente, las actividades sugeridas y cómo pueden ser desarrolladas en el aula. De esta forma, esperamos que los alumnos sean capaces de demostrar habilidades para elaborar y comprobar hipótesis, justificar y predecir sucesos futuros a partir de los conocimientos existentes, y que sean capaces de trabajar con los datos obtenidos durante la indagación para organizarlos y comunicarlos, es decir, mostrar rasgos que indican el desarrollo de la alfabetización científica.

Palabras-clave: Alfabetización científica; Enseñanza basada en la investigación; Metales pesados

INTRODUÇÃO

As discussões em torno das possibilidades de mudanças no ensino de ciências na tentativa de acompanhar as transformações da atual sociedade são cada vez mais recorrentes nos espaços acadêmicos. Uma das mais discutidas na literatura é o desenvolvimento de um processo de ensino aprendizagem alinhado a promoção da alfabetização científica (AC), a qual, segundo uma perspectiva freiriana, se constitui como a formação de indivíduos capazes de compreender os conhecimentos científicos, suas práticas, valores e, a partir desse entendimento, gerenciar decisões importantes em diferentes situações de seu entorno social (Silva; Sasseron, 2021).

Embora os anos iniciais do ensino fundamental seja uma etapa privilegiada para desenvolver a alfabetização científica (Silva; Lorenzetti, 2020), pensar um ensino de

ciências cujo objetivo seja a promoção da alfabetização científica entre jovens do ensino médio, por exemplo, torna-se um desafio à medida que se revela como uma necessidade de formação contínua, de modo que esses indivíduos sejam capazes de compreender os termos técnicos da ciência e, sobretudo, a natureza da construção do conhecimento científico e sua relevância para a transformação social (Vizzotto; Pino, 2020).

Portanto, é com base na importância de desenvolver a alfabetização científica em todos os níveis educacionais (Costa; Lorenzetti, 2018) que este trabalho tem como objetivo apresentar uma proposta de Sequência de Ensino Investigativa (SEI) pautada no referencial de Carvalho (2013) sobre o conteúdo de metais pesados. Este trabalho busca contribuir com uma discussão já existente sobre este assunto, a qual corresponde ao recorte de uma pesquisa de Mestrado sobre as possibilidades de considerar o ensino investigativo como uma abordagem metodológica para a promoção da alfabetização científica no ensino médio.

Para tal, trazemos, inicialmente, o aporte teórico sobre o ensino investigativo e a alfabetização científica. Em seguida, como processo metodológico, descrevemos a elaboração e estrutura da SEI, isto é, a formulação do problema e os momentos referentes a sua resolução e, ao final, são apresentadas as atividades sugeridas e como estas podem ser desenvolvidas em sala de aula.

O ENSINO INVESTIGATIVO E A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA

Uma crescente discussão em torno do ensino por investigação se refere à atribuição de sentidos à sua definição. Mesmo sendo considerado uma abordagem didática consolidada para o ensino de ciências, a utilização do termo “investigação” mostra-se como uma proposta dinâmica de fomentar aulas, partindo de problemas do cotidiano, (Berto *et al.*, 2023), o que lhe atribui um aspecto polissêmico quanto a real compreensão de seu significado (Sá; Lima; Junior Aguiar, 2011).

No geral, o ponto de partida do ensino por investigação é um problema de abordagem científica que pode se relacionar com o cotidiano do aluno através de uma contextualização com objetivos bem definidos, sendo este o fio condutor de todo o processo de construção do conhecimento. É necessário, portanto, que a investigação seja

pensada a partir de um planejamento estratégico, no qual os alunos sejam estimulados a se apropriarem dos conhecimentos científicos e vejam que estes saberes não se encerram em si mesmos, mas ganham significados quando aplicados para o seu bem-estar pessoal e social (Carvalho, 2013).

Essa investigação pode ser orientada a partir de diferentes níveis de abertura¹, como forma de permitir aos alunos uma maior ou menor autonomia durante a realização dos processos investigativos (Nunes; Souza, 2021). Estes níveis de abertura são classificados em três segmentos de investigação: estruturada, guiada e aberta (Banchi; Bell, 2008), com possibilidades de mudanças de acordo com os objetivos de aprendizagem, conteúdos programáticos, disponibilidade de tempo, perfil dos estudantes e conhecimento do professor (Silva; Gerolin; Trivelato, 2018).

Sendo assim, no processo investigativo estruturado, o professor define o problema inicial e fornece os subsídios necessários à sua resolução à medida que os alunos elaboram explicações e formulam conclusões. Na investigação guiada, é de responsabilidade do professor a definição do problema e aos estudantes é atribuída a tarefa de realizar todo o processo investigativo. Já no processo investigativo aberto, o professor apenas define o problema de investigação e os alunos realizam todo o restante da investigação (Banchi; Bell, 2008; Silva; Gerolin; Trivelato, 2018).

Dessa forma, ao considerarmos que o ensino de ciências deve se realizar em um ambiente de aprendizagem favorável a introdução dos alunos em uma cultura científica por meio da condução/mediação destes em processos semelhantes do trabalho científico, se aperfeiçoando, gradualmente, da linguagem própria da ciência, Carvalho (2013) sugere as Sequências de Ensino Investigativas (SEI).

Portanto, as atividades de uma SEI devem contemplar um problema inicial, teórico ou experimental, delineado com o objetivo de inserir os alunos na investigação, favorecendo o envolvimento destes e o trabalho baseado nos principais aspectos do fazer científico. Após a resolução do problema, a SEI deve apresentar um momento de sistematização do conhecimento, cuja realização pode ser feita através de leituras de

¹Níveis de abertura referem-se ao grau de autonomia que os alunos têm durante processos de aprendizagem e investigação.

textos que fomentem a discussão, reflexão e comparação com os resultados obtidos no levantamento das hipóteses, finalizando com uma atividade de avaliação para verificar a aprendizagem dos alunos (Carvalho, 2013).

De modo geral, é importante que as atividades propostas em uma SEI estejam de acordo com a realidade dos alunos de tal forma que estes possam visualizar a importância dos conhecimentos científicos e, a partir disso, contribuir significativamente para a melhoria do seu entorno social. Essa concepção dá um novo sentido aos objetivos do ensino de ciências, à medida que este tenciona não apenas a apropriação conceitual, mas sobretudo, a introdução dos alunos na cultura científica, em novos conhecimentos e saberes, favorecendo a formação de indivíduos capazes de modificar a si próprios e sua comunidade à luz dos fundamentos científicos, ou seja, um ensino de ciências que promova a alfabetização científica (Sasseron; Carvalho, 2011).

Essa concepção direciona o entendimento de que um ensino de ciências orientado à alfabetização científica não negligencia a abordagem conceitual dos alunos, mas direciona-os de modo que os alunos possam ler e compreender a linguagem do mundo (Lorenzetti; Delizoicov, 2001). Sendo assim, a importância da alfabetização científica dentro do ensino de ciências se reflete na necessidade de garantir a formação de indivíduos preparados para atuarem plenamente em uma sociedade marcada pelos constantes avanços nas esferas científica e tecnológica (Mamede; Zimmermann, 2005) através do uso consciente das habilidades de leitura e escrita.

Então, a alfabetização científica é compreendida como um processo submetido às transformações do ambiente científico, como a descoberta de novos conhecimentos, teorias e métodos explicativos que trazem novidades à sociedade e sinalizam o estabelecimento de novas relações tornando o processo de alfabetização científica dinâmico, complexo e coerente. Embora exista uma multiplicidade de interpretações, é possível identificar determinados comportamentos e habilidades entre os alunos, que podem indicar capacidades necessárias para a identificação da ocorrência de desenvolvimento de alfabetização científica, as quais Sasseron e Carvalho (2011), atribuíram o nome de indicadores de alfabetização científica.

Esses indicadores estão organizados em três grupos específicos, que compreendem um conjunto de ações necessárias à resolução de um problema. O primeiro grupo se refere ao tratamento com os dados empíricos que se relacionam a pesquisa, o segundo grupo diz respeito às ações relacionadas à estruturação do pensamento de acordo com falas e afirmações ocorridas ao longo do processo investigativo e o terceiro grupo compreende a etapa do entendimento propriamente dito da situação investigada (Sasseron; Carvalho, 2011).

Sendo assim, vale salientar que ao se buscar a alfabetização científica como produto educacional, é importante considerar a singularidade de cada contexto de trabalho e os objetivos de aprendizagem que se pretendem alcançar (Henckes; Graça; Strohschoen, 2021). Isso exige certa autonomia e criticidade por parte do professor, de modo que este tenha domínio do referencial de alfabetização científica e, a partir disso, avalie os desafios e as possibilidades de implementação dessas propostas em seu contexto de sala de aula. Além disso, Corrêa e Lage (2024) apontam que o planejamento e a aplicação de uma sequência de ensino com viés investigativo é um desafio mediante o modelo de escola atual.

SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA PROPOSTA

A proposta de SEI que apresentamos é pautada em uma discussão socioambiental sobre o descarte incorreto de resíduos eletrônicos, balizada pelo conteúdo de metais pesados, visto que esses elementos químicos possuem alta densidade e toxicidade, frequentemente encontrados em concentrações elevadas no meio ambiente. Esta escolha foi motivada, principalmente, pelas circunstâncias que o determinam como um assunto de considerável nível de complexidade na disciplina de química (Nogueira; Goes; Fernandez, 2017; Vieira *et al.*, 2021). Portanto, compreendemos que, ao abordar os conceitos de metais pesados pela ótica investigativa de uma problemática próxima à realidade dos alunos, poderemos, além de promover a alfabetização científica, oferecer condições para que estes se apropriem dos conceitos científicos destes conteúdos aplicando-os em uma situação concreta do cotidiano.

Além disso, a opção pelo assunto de metais pesados nos permite o seguimento de um plano investigativo semelhante ao que é proposto nos referenciais teóricos de alfabetização científica, quando estes orientam a condução de uma abordagem dos conceitos científicos pautados em aspectos sociais relevantes, de modo que os alunos, ultrapassem a apropriação conceitual dos conteúdos e sejam capazes de fazer uma leitura crítica do mundo e intervir na sua realidade através de melhorias a partir dos conhecimentos científicos (Chassot, 2018).

Portanto, ao definirmos os metais pesados como conteúdo basilar da nossa pesquisa, visualizamos a possibilidade de abordar uma temática atual, relevante e necessária, referentes ao descarte incorreto de resíduos eletrônicos (pilhas e baterias), saúde pública e meio ambiente, ao passo que potencializamos um ambiente favorável à alfabetização científica.

Para tal, buscamos delinear um processo investigativo que não fosse tão aberto, a ponto de alguns estudantes se confundirem nos procedimentos, ou tão fechado, de forma que estes não conseguissem expressar seus conhecimentos e desempenhar sua autonomia na aprendizagem. Essa reflexão convergiu à elaboração da SEI a partir de uma investigação de nível semiestruturado, caracterizada como um processo investigativo guiado (Banchi; Bell, 2008; Silva; Gerolin; Trivelato, 2018).

Elaboração problema

De acordo com Carvalho (2013), na primeira etapa da SEI o professor divide os alunos em grupos e apresenta o material e o problema. É nesse momento que os alunos terão o primeiro contato com a SEI. Dessa forma, é importante que sejam feitas algumas considerações sobre a proposta, mas com cuidado para não expor os passos seguintes da investigação. Após esses direcionamentos, pode-se dar início à primeira etapa da SEI, correspondente a leitura do problema, que pode ser feita em conjunto, seguida por uma breve discussão ou por cada grupo de forma individual.

Na etapa de elaboração do problema, apresentamos uma situação comum na realidade dos alunos, a qual descreve a participação de um jovem técnico em química na busca pela solução de uma questão de saúde pública envolvendo os moradores de seu

bairro. No contexto problemático fornecido aos alunos, são detalhados os sintomas da doença causadora do problema, a descrição detalhada do espaço geográfico do bairro e a menção de elementos chaves para a investigação, como por exemplo, a proximidade de um poço artesiano a um terreno baldio utilizado pelos moradores para descarte de resíduos e a citação de alguns produtos residuais descartados nesse ambiente, conforme descrito no Quadro 1.

Quadro 1 – Problema de investigação

POLUIÇÃO AMBIENTAL E SAÚDE PÚBLICA: UM CASO A SER INVESTIGADO

Pedro é estudante de um curso técnico de química e estabelece residência no bairro periférico de seu município. Há um tempo, ele observou a ocorrência de uma situação um tanto curiosa: alguns de seus familiares, vizinhos e demais moradores do bairro em que reside, se queixavam de fortes dores na região inferior das costas, além de fraquezas constantes, náuseas, pressão alta, febre, dificuldade para urinar acompanhada de queimação, dores, urina com aspecto sanguinolento e repetição deste ato várias vezes ao dia, o que ocasionou uma superlotação na Unidade Básica de Saúde (UBS) local, cuja demanda intrigou a equipe médica que, diante de tal cenário, não viu outra alternativa senão abrir um processo de investigação para averiguar a origem deste problema que já ganhava a proporção de um “surto”. Para o processo de investigação, a prefeitura municipal, solicitada pela equipe da referida UBS, organizou um grupo de especialistas, no qual Pedro foi chamado a participar na condição de técnico de química e representante local da população, a fim de intermediar o diálogo entre o grupo de investigadores e os moradores do bairro afetado pelo problema supracitado. Para o cumprimento desta missão, Pedro traçou um plano de investigação cujo início se deu a partir de observações ao espaço urbano do bairro, conversas com a população e coleta de informações potencialmente relevantes para a resolução do problema. Ao compilar esses dados, ele observou alguns pontos dignos de atenção: a presença de esgotos a céu aberto, lixos espalhados pelas ruas, ausência de coleta seletiva, terrenos baldios utilizados pelos moradores como depósitos de resíduos, falta de água encanada nas residências e consumo de água proveniente de um poço artesiano. A partir destas informações, Pedro se dirigiu ao poço e realizou algumas inspeções, considerando as normas de segurança para construção de poços artesianos prescritas pela ABNT: 12212 - 12244 em consonância com a lei federal 9.433/97. Diante desta análise, foi concluído que o reservatório estava de acordo com a legislação, exceto no que diz respeito a norma técnica 12212, a qual exige o estudo do solo e a observação da existência de áreas de contaminação no local de perfuração do poço, uma vez que essa fonte de água estava localizada nas proximidades dos terrenos baldios, onde armazenavam um considerável acúmulo de resíduos oriundos de produtos farmacêuticos, lâmpadas fluorescentes, pilhas/baterias, tintas, interruptores, plásticos, papéis, ligas metálicas e etc. Essas observações deram início à segunda fase de investigação, cujo objetivo era identificar a presença de resíduos com potencial de contaminar a água e esta, por sua vez, ocasionar os problemas de saúde mencionados acima.

Como podemos prosseguir com esta investigação? Será que nós, enquanto estudantes do curso técnico de química, assim como Pedro, podemos ajudá-lo a resolver este problema?

Fonte: as autoras, 2022.

Seguida a leitura do problema, os alunos serão orientados a discutir, expor suas hipóteses e elaborar um plano de pesquisa próximo do que se entende por um planejamento investigativo. Em outras palavras, as equipes irão levantar as hipóteses e explicar como se dará o processo de investigação (pesquisas) rumo a comprovação ou refutação dessas suposições.

Essa é uma estratégia para que os estudantes consigam demonstrar habilidades relacionadas à pensamento crítico, levantamento de hipóteses e proposição de métodos para resolução do problema. Além disso, é justo considerarmos a possibilidade de visualização dos conhecimentos prévios dos alunos sobre os metais pesados, quando estes são convidados a levantar hipóteses e propor soluções ao problema, fornecendo subsídios para uma abordagem do conteúdo mais adequada ao público. Seguido ao problema, é apresentado um espaço destinado ao levantamento de hipóteses e elaboração do plano investigativo (Quadro 2), junto a algumas orientações sobre como proceder nesta etapa.

Quadro 2 - Levantamento de hipóteses e plano investigativo

LEVANTAMENTO DE HIPÓTESES E PLANO INVESTIGATIVO

O que, de fato, pode ter ocasionado esse problema? Será que pode haver um (uns) resíduo (s) responsável (is) por esses sintomas? O que você acha? Neste espaço vamos levantar algumas hipóteses do que pode ter ocasionado a situação supracitada e traçar um plano de investigação para comprovação ou refutação dessas suposições, isto é, devemos explicar como iremos realizar as pesquisas rumo a resolução do problema.

Fonte: as autoras, 2022.

A proposição desta situação e alusão a estes elementos na contextualização da problemática, converge para a elaboração de um problema de ordem teórica, cuja abordagem permite aos alunos uma reflexão crítica, desafiante e provocativa, à medida que fornece direcionamentos importantes ao seguimento das etapas posteriores. O resultado é, portanto, a proposição de um problema de grau fechado (Carvalho; Sasseron, 2018) que, embora encerre uma única possibilidade de solução, no caso a doença popularmente conhecida como cálculo renal, preserva o caráter qualitativo da investigação promovendo a autonomia dos alunos na realização dos procedimentos, ao

passo que estes são motivados a levantar hipóteses, pesquisar, testá-las, sintetizar resultados e chegar à resposta da situação problema.

Momento de sistematização do conhecimento

Para Carvalho (2013), a etapa de sistematização do conhecimento exige a intensa participação do professor, isso porque este é o momento de socialização e sistematização coletiva de conhecimento, cuja realização se faz a partir do momento de escuta do colega e fala ao que é solicitado pelo professor.

Sugerimos, dessa forma, que os grupos apresentem os produtos obtidos no momento anterior: às hipóteses, como realizaram a pesquisa e seus pareceres sobre o problema. Nesta etapa, o professor pode mediar a discussão introduzindo os conceitos científicos de metais pesados, tomando como base as colocações dos alunos. Espera-se que, nesta etapa, a problemática socioambiental se alinhe concretamente aos conteúdos técnicos em uma dinâmica favorável à construção e sistematização do conhecimento. Esta etapa pode ocorrer em dois ou mais encontros, a depender do desenrolar da discussão e do contexto de cada turma.

Nessa etapa de sistematização dos conhecimentos construídos ao longo do processo investigativo de resolução do problema, os alunos deverão seguir o plano investigativo traçado na etapa anterior e elaborar um parecer final expondo a investigação seguida de uma possível causa ao problema. Para esse momento, sugerimos um texto informativo de apropriação teórica sobre o descarte incorreto de resíduos eletrônicos e algumas questões para a discussão que podem ser socializadas em sala de aula com sugestões de referencial para orientar os alunos durante a investigação (Quadro 3).

Quadro 3 - Questões relacionadas ao texto de apropriação teórica

QUESTÕES PARA DISCUSSÃO
1. O que mais chamou sua atenção durante a leitura do texto?
2. Comente os seguintes termos: “avanços tecnológicos”, “sociedade de consumo”, “obsolescência programada” e “meio ambiente”.
3. De que maneira os conhecimentos químicos podem contribuir para a diminuição dos efeitos nocivos desta problemática?
SUGESTÕES DE LEITURA
BOCCHI, N.; FERRACIN, L. C.; BIAGGIO, S. R. Pilhas e baterias: funcionamento e impacto ambiental. Química Nova na Escola , v. 11, n. 3, p. 3, 9. 2000.

REIDLER, Nívea Maria Vega Longo; GÜNTHER, Wanda Maria Risso. Impactos sanitários e ambientais devido aos resíduos gerados por pilhas e baterias usadas. *In: Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, XXVIII. Anais.* Cancún: *Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental*, 2002. p. 1-8.

SETTE BARROCO, I.; DOS SANTOS CASTRO, F.; TAMIASSO-MARTINHON, P.; SANCHES ROCHA, A.; SOUSA, C. R. Impactos ambientais de metais pesados de pilhas na tríade água-ar-solo. *Revista Scientiarum Historia*, v. 1, n. 1, p. 10, 5 nov. 2018.

REIS, Martha. Pilhas e baterias. *In: REIS, Martha. Química.* São Paulo: Editora ática, 2016. p. (237)-(259). Disponível em: <https://perfumesequimica.files.wordpress.com/2019/04/quc3admica-volume-2-2016-martha-reis.pdf>

Fonte: as autoras, 2022.

Após a realização das pesquisas para solucionar o problema, os alunos irão elaborar um parecer sobre as possíveis causas do problema e sugerir uma solução a problemática (Quadro 4). Neste parecer, é fundamental que os discentes descrevam os processos investigativos seguidos, expondo as fontes de busca utilizadas, o tempo de realização das pesquisas e se estas buscas comprovam ou refutam as hipóteses anteriormente levantadas.

Quadro 4 - Elaboração do parecer final sobre o problema

UMA POSSÍVEL SOLUÇÃO AO PROBLEMA

Depois de lançarmos nossas hipóteses e nos apropriarmos teoricamente do assunto envolvendo a problemática, chegou a hora de organizarmos nossas ideias e elaborarmos um parecer evidenciando o plano investigativo seguido até aqui, as estratégias de pesquisa empregadas, as fontes de busca e as justificativas que sustentam os resultados obtidos.

Fonte: as autoras, 2022.

É importante que o cumprimento dessas etapas seja realizado em sala de aula sob a orientação do professor de modo que este, ao acompanhar o desenvolvimento da investigação, conduza momentos de discussão abordando os conceitos técnicos de metais pesados, conforme julgar necessário, considerando as particularidades de cada contexto de aplicação.

O decorrer dessas aulas é o ponto alto da SEI, à medida que os alunos realizam pesquisas visando à resolução do problema. O professor vai mediando o processo, introduzindo os conceitos de metais pesados e favorecendo o alinhamento entre os

aspectos sociais e científicos que definem a proposta, enquanto os conhecimentos são construídos e sistematizados.

Atividade de avaliação e finalização

Esse é o momento final da SEI em que Carvalho (2013) destaca a importância da sistematização individual de cada aluno, no qual o professor pode solicitar a escrita ou o desenho do que aprenderam ao longo da investigação.

Neste momento, propomos a retomada do problema inicial em que os alunos irão ajudar o Pedro a intermediar o diálogo entre a equipe de especialistas e os moradores da comunidade, elaborando dois relatórios: um de caráter técnico, expondo aos especialistas o processo de investigação justificando suas explicações a partir dos conceitos de eletroquímica discutidos nos encontros anteriores e um relatório com aspectos sociais, explicando a comunidade o que de fato aconteceu, como o problema foi descoberto, quais os prejuízos gerados pelo descarte incorreto de pilhas e baterias, além de sugestões estratégicas para amenizar os impactos negativos deste problema.

Ao planejarmos este momento, temos como objetivo maior a realização de uma atividade adequada às atividades desenvolvidas durante a investigação, que permita a visualização da aprendizagem conceitual, procedimental e atitudinal dos alunos. Dessa forma, propomos a elaboração de dois relatórios: um de aspecto técnico (Quadro 5) e outro de aspecto social (Quadro 6).

Quadro 5 - Proposição de um relatório de caráter técnico

APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA AOS ESPECIALISTAS

Neste relatório deve ser retomado o processo de investigação seguido, acompanhado da explicação detalhada dos fatores que ocasionaram o problema de saúde da população. Lembrando que estamos nos dirigindo a especialistas, então é importante que preservemos uma linguagem técnica, cuja apresentação *pode ser* justificada com gráficos, tabelas, imagens, cálculos e etc, além de uma descrição clara e objetiva dos conceitos relacionados a eletroquímica construídos ao longo da investigação e sua relação com o meio ambiente.

Fonte: autoria própria (2022)

Por meio da construção do relatório técnico, vemos a possibilidade de os alunos expressarem, principalmente, seus conhecimentos conceituais e procedimentais, ao serem solicitados a apresentar o processo investigativo e a solução do problema a um grupo de

especialistas, utilizando uma linguagem técnica, formal e objetiva, justificando suas colocações a partir do conteúdo de eletroquímica. Com isso, damos liberdade aos alunos para exporem seus aprendizados sobre os conceitos científicos e demonstrarem habilidades importantes relacionadas à seleção de informações, organização de ideias e justificação de posicionamentos.

Do mesmo modo, ao elaborarem um relatório expondo o processo investigativo e a solução do problema aos moradores do bairro, há possibilidades de retomada da problemática abordada, à medida que os alunos expõem aspectos sociais importantes para a verificação das aprendizagens procedimentais e atitudinais, demonstrando habilidades próprias do fazer científico relativas às dimensões social, tecnológica e ambiental, como por exemplo, apropriação conceitual, reflexão crítica e participação em discussões socioambientais, tomada de decisões e contribuições significativas ao seu entorno social a partir dos conhecimentos científicos.

Quadro 6 - Proposição de um relatório de caráter social

Neste momento, vamos explicar à comunidade o que de fato aconteceu, como o problema foi descoberto, quais os prejuízos gerados pelo descarte incorreto de resíduos, além de sugestões estratégicas para amenizar os impactos negativos deste problema. É importante que os moradores do bairro sejam alertados sobre o efeito nocivo dos metais pesados à saúde humana e ao meio ambiente em geral e como pode ser feito o descarte correto desses resíduos.

Fonte: autoria própria (2022)

A socialização desses relatórios pode ser feita através de diferentes atividades. É possível a realização de vídeos em formato de jornal para a apresentação do parecer de caráter social ou, até mesmo, uma apresentação do relatório de caráter técnico a professores convidados, como uma estratégia de simular os especialistas. É importante que essas atividades sejam pensadas de acordo com o contexto de cada turma de modo que o professor consiga visualizar traços da alfabetização científica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao considerarmos o ensino por investigação como uma abordagem metodológica promissora ao desenvolvimento da alfabetização científica, compreendemos como válido o empenho de propor uma Sequência de Ensino Investigativa sobre o conteúdo de metais

pesados tendo como público alvo alunos do ensino médio. Isso permite uma abordagem diferenciada ao ensino de química, à medida que introduz métodos próprios da ciência para promover a construção do conhecimento.

Dessa forma, com base nas atividades propostas da SEI, vislumbramos a possibilidade de promover entre os alunos habilidades próprias do fazer científico que estejam relacionadas, sobretudo ao levantamento de hipóteses, à medida que os discentes sugerem possíveis causas ao problema inicialmente proposto.

Junto a isso, é oportuno considerar que ao longo do desenvolvimento da SEI, principalmente no momento da elaboração dos pareceres e relatórios finais, os alunos demonstrem habilidades de seriar, organizar e classificar informações, justificando as bases do processo de investigação, organizando esses dados obtidos e estabelecendo comparação entre eles.

É possível, no entanto, que outras habilidades sejam observadas durante o processo ou, até mesmo, que outras estratégias sejam enfatizadas durante a aplicação da SEI, a depender do contexto de desenvolvimento e objetivos de aprendizagem pretendidos. De qualquer modo, é importante um ambiente investigativo para a plena realização da alfabetização científica e embora exista desafios quanto a implementação de propostas dessa natureza, é fundamental que os professores, junto a equipe pedagógica não se limitem a essas dificuldades e busquem, dentro de suas possibilidades e contexto, a inserção de atividades próximas do fazer científico ao ensino de ciências, favorecendo um espaço de aprendizagem propício à investigação e esta, por sua vez, a promoção da alfabetização científica.

REFERÊNCIAS

- BANCHI, Heather; BELL, Randy. The many levels of inquiry. **Science and children**, v. 46, n. 2, p. 26-29, 2008. Disponível em: <https://www.michiganseagrant.org/lessons/wp-content/uploads/sites/3/2019/04/The-Many-Levels-of-Inquiry-NSTA-article.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2023.
- BERTO, José Alexandre *et al.* Sequência de Ensino Investigativa: Indícios da Alfabetização Científica e Tecnológica no ensino de Cargas Elétricas. **Revista Insignare Scientia - RIS**, v. 6, n. 6, p. 634-656, 27 dez. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.36661/2595-4520.2023v6n6.13106>. Acesso em: 20 jun. 2024.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de *et al.* (Org.). **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Editora Cengage Learning, 2013. p. 1-20.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de; SASSERON, Lúcia Helena. Ensino e aprendizagem de Física no Ensino Médio e a formação de professores. **Estudos Avançados**, v. 32, n. 94, p. 43-55, dez. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0004>. Acesso em: 20 jan. 2023.

CHASSOT, Attico. **Alfabetização Científica: questões e desafios para a educação**. Editora Unijuí, 8ª edição, 2018, 360p.

CORRÊA, Maria Braulina Baiense de Souza; LAGE, Débora De Aguiar. Sequência de ensino investigativa sobre educação nutricional e uso integral dos alimentos: contribuições para a alfabetização científica. **Revista Insignare Scientia - RIS**, v. 7, n. 1, p. 99-118, 5 jun. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.36661/2595-4520.2024v7n1.13768>. Acesso em: 20 jun. 2024.

COSTA, Ellen Moreira; LORENZETTI, Leonir. Disseminação da alfabetização científica nos anos finais do ensino fundamental: da produção acadêmica aos livros didáticos. **Revista de Ensino de Biologia da SBEnBio**, p. 88-104, 18 out. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.46667/renbio.v11i1.97>. Acesso em: 5 jan. 2024.

HENCKES, Simone Beatriz Reckziegel; GRAÇA, Vagner Viana da; STROHSCHOEN, Andreia Aparecida Guimarães. Etimologia sobre alfabetização científica: importância do conceito e do planejamento docente. In: Silva *et al.* (Orgs.). **Práticas de ensino investigativas: da educação infantil à pós-graduação**. Lajeado: Editora Univates, 2021. p. 75-82.

LORENZETTI, Leonir; DELIZOICOV, Demétrio. Alfabetização científica no contexto das séries iniciais. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 3, n. 1, p. 45-61, jun. 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21172001030104>. Acesso em: 5 jan. 2023.

MAMEDE, Maíra; ZIMMERMANN, Erika. Letramento científico e CTS na formação de professores para o ensino de ciências. In: Enseñanza de las ciencias, 2005, Barcelona. **Anais [...]** Barcelona, 2005. p. 1-4. Disponível em: https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2005nEXTRA/edlc_a2005nEXTRAp320letcie.pdf. Acesso em: 15 jun. 2021.

NOGUEIRA, Keysy Solange Costa; GOES, Luciane Fernandes de; FERNANDEZ, Carmen. O estado da arte sobre o ensino de reações redox nos principais eventos na área de educação no Brasil. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 16, n. 3, p. 410-434, 2017. Disponível em: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen16/REEC_16_3_1_ex1106.pdf. Acesso em: 8 fev. 2024.

NUNES, Teresa Beatriz Bueno; SOUZA, Luciana Sedano de. Uma análise do grau de abertura de Atividades Investigativas para construção da autonomia dos estudantes. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XIII ENPEC, 13, 2021,

Campina Grande, **Anais eletrônicos** [...] Campina Grande: Realize, 2021. p. 1-8. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/76089>. Acesso em: 20 dez. 2023.

SÁ, Eliane Ferreira de; LIMA, Maria Emília Caixeta Castro; JÚNIOR AGUIAR, Orlando. A construção de sentidos para o termo ensino por investigação no contexto de um curso de formação. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 79-102, 2011. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/247/173>. Acesso em: 8 fev. 2023.

SASSERON, Lucia Helena; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em ensino de ciências**, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/246/172>. Acesso em: 23 jun. 2021.

SILVA, Maíra Batistoni e.; GEROLIN, Eloísa Cristina; TRIVELATO, Sílvia L. Frateschi. A Importância da Autonomia dos Estudantes para a Ocorrência de Práticas Epistêmicas no Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 905-933, 15 dez. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2018183905>. Acesso em: 10 jan. 2024.

SILVA, Maíra Batistoni e.; SASSERON, Lúcia Helena. Alfabetização científica e domínios do conhecimento científico: proposições para uma perspectiva formativa comprometida com a transformação social. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 23, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21172021230129>. Acesso em: 10 jan. 2023.

SILVA, Virginia Roters da; LORENZETTI, Leonir. A alfabetização científica nos anos iniciais: os indicadores evidenciados por meio de uma sequência didática. **Educação e Pesquisa**, v. 46, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1678-4634202046222995>. Acesso em: 10 jan. 2024.

VIEIRA, Danielle *et al.* Estudos sobre o ensino e aprendizagem de conceitos em eletroquímica: uma revisão. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista – ENCITEC**, v. 11, n. 1, p. 172-188, 1 jun. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.31512/encitec.v11i1.388>. Acesso em: 20 jan. 2023.

VIZZOTTO, Patrick Alves; PINO, José Cláudio Del. O uso do teste de alfabetização científica básica no brasil: uma revisão da literatura. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 22, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21172020210116>. Acesso em: 22 jan. 2023.