



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL (PROFQUI)



**O DESCARTE DE METAIS PESADOS NO MEIO AMBIENTE ARTICULADO COM
O ESTUDO DA LIGAÇÃO METÁLICA POR MEIO DA METODOLOGIA DE
ENSINO POR RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS**

MARCELA GOMES SOARES BARRETO

Recife/PE

2025

Marcela Gomes Soares Barreto

**O DESCARTE DE METAIS PESADOS NO MEIO AMBIENTE ARTICULADO COM
O ESTUDO DA LIGAÇÃO METÁLICA POR MEIO DA METODOLOGIA DE
ENSINO POR RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional - PROFQUI da Universidade Federal Rural de Pernambuco para obtenção do título de Mestre.

Linha de pesquisa: Produção de materiais no ensino de química.

Orientadora: Prof^a. Dra. Angela Fernandes Campos

Coorientador: Prof. Dr. Lucas dos Santos Fernandes

RECIFE/PE

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecário(a): Auxiliadora Cunha – CRB-4 1134

B273d Barreto, Marcela Gomes Soares.

O descarte de metais pesados no meio ambiente articulado com o estudo da ligação metálica por meio da metodologia *de* ensino por resolução de problemas / Marcela Gomes Soares Barreto. – Recife, 2025.

107 f.; il.

Orientador(a): Angela Fernandes Campos.

Co-orientador(a): Lucas dos Santos Fernandes.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Mestrado Profissional em Química (PROFQUI), Recife, BR-PE, 2025.

Inclui referências.

1. Metais pesados - Descarte de materiais. 2. Ligação metálica. 3. Resolução de problemas. 4. Química - Estudo e ensino I. Campos, Angela Fernandes, orient. II. Fernandes, Lucas dos Santos, coorient. III. Título

CDD 540

Marcela Gomes Soares Barreto

**O DESCARTE DE METAIS PESADOS NO MEIO AMBIENTE ARTICULADO COM
O ESTUDO DA LIGAÇÃO METÁLICA POR MEIO DA METODOLOGIA DE
ENSINO POR RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional - PROFQUI da Universidade Federal Rural de Pernambuco para obtenção do título de Mestre.

Data da Defesa: 28 de abril de 2025

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Angela Fernandes Campos
UFRPE – Orientadora

Profa. Dra. Amanda Pereira de Freitas
UFPB – Campus II – AREIA - Examinadora Externa

Profa. Dra. Ivoneide de Carvalho Lopes Barros
UFRPE – Examinadora Interna

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me guiado em todos os momentos de minha vida.

A minha família, que sempre incentivou meus estudos.

Aos meus colegas do PROFQUI, em especial, a Maria Júlia Azevedo, Laís Araújo, Maestra Falcão e Juliana Magalhães, que se tornaram minhas amigas e companheiras de estudo, com as quais pude dividir minhas angústias e vitórias.

Aos professores do PROFQUI, pelos ensinamentos.

Ao meu coorientador Lucas Fernandes, pelo apoio.

Agradeço especialmente à minha orientadora Angela Campos, pela sua orientação, paciência e dedicação durante todo o processo dessa pesquisa, que foram essenciais ao meu desenvolvimento acadêmico.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo elaborar, aplicar e avaliar uma sequência didática sobre o descarte de metais pesados no meio ambiente articulado ao estudo da ligação metálica pautada na metodologia de ensino por Resolução de Problemas (RP) com estudantes do Ensino Médio. Estudos relatam que a RP possibilita o envolvimento dos estudantes ativamente no processo educativo, o que torna mais significativo, porque promove desenvolvimento de habilidades de raciocínio, comunicação e cooperação. A escolha da temática foi motivada pela constatação de um problema socioambiental causado pelo descarte incorreto de materiais que contém metais pesados em uma área de manguezal, nas proximidades de uma escola. Essa questão ambiental envolvendo metais pesados foi utilizada para contextualizar o ensino da ligação metálica. Inicialmente, foi realizado um levantamento das ideias prévias dos estudantes sobre o descarte de resíduos contendo metais pesados e aspectos relacionados ao conteúdo de ligação metálica. Em seguida, partiu-se para a resolução de um problema escolar aberto. Nas próximas aulas, os estudantes levantaram hipóteses, realizaram atividades de pesquisa, experimentos, assistiram a vídeos sobre diversas questões envolvendo os metais pesados, participaram de uma atividade lúdica do tipo *escape room*. Por fim, o mesmo problema foi reapresentado aos estudantes. Os resultados mostraram que os grupos de estudantes, apresentaram uma evolução quanto ao aspecto conceitual, especialmente em relação aos metais pesados e seu descarte no meio ambiente. Também demonstraram participação, interação e engajamento ao longo do processo educativo. Porém, mesmo após a vivência da sequência didática, eles demonstraram dificuldades no entendimento da ligação metálica, particularmente quanto ao aspecto teórico do conhecimento químico. Finalmente, foi elaborada uma cartilha, envolvendo a sequência didática aplicada visando contribuir com o ensino de descarte de metais pesados articulado ao conteúdo ligação metálica na Educação Básica.

Palavras-chave: Descarte de metais pesados, ligação metálica, resolução de problemas, ensino de química.

ABSTRACT

This study aims to develop, apply, and evaluate a teaching sequence on the disposal of heavy metals in the environment, linked to the study of metallic bonding based on the Problem Solving (PS) teaching methodology with high school students. Studies report that PR enables students to actively engage in the educational process, which makes it more meaningful because it promotes the development of reasoning, communication, and cooperation skills. The choice of the theme was motivated by the observation of a socio-environmental problem caused by the incorrect disposal of materials containing heavy metals in a mangrove area near a school. This environmental issue involving heavy metals was used to contextualize the teaching of metallic bonding. Initially, a survey of students' previous ideas about the disposal of waste containing heavy metals and aspects related to the content of metallic bonding was carried out. Then, an open-ended school problem was solved. In the following classes, students raised hypotheses, carried out research activities, experiments, watched videos on various issues involving heavy metals, and participated in a playful escape room activity. Finally, the same problem was presented to the students again. The results showed that the groups of students showed progress in the conceptual aspect, especially in relation to heavy metals and their disposal in the environment. They also demonstrated participation, interaction and engagement throughout the educational process. However, even after experiencing the didactic sequence, they demonstrated difficulties in understanding metallic bonds, particularly regarding the theoretical aspect of chemical knowledge. Finally, a booklet was prepared, involving the applied didactic sequence, aiming to contribute to the teaching of heavy metal disposal linked to the content of metallic bonds in basic education.

Keywords: Heavy metal disposal, metallic bond, problem solving, teaching chemistry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Problema com as características de um problema eficaz	20
Figura 2 - Estruturas cristalinas CFC, CCC e HC	32
Figura 3 - Diferença entre metal puro e liga metálica	34
Figura 4 - Teoria das Bandas	35
Figura 5 – Problema eficaz elaborado	40
Figura 6 - Montagem do experimento sobre condutividade térmica	42
Figura 7 - Vídeo sobre o destino dos resíduos sólidos	43
Figura 8 -Vídeo que retrata os problemas ocasionados pelo descarte incorreto de pilhas e baterias	44
Figura 9 - Vídeo sobre a destinação correta do lixo eletrônico	44
Figura 10 - Estudantes realizando o questionário diagnose	61
Figura 11 - Estudantes em equipe realizando a leitura do problema	69
Figura 12 - Estudantes realizando a pesquisa na biblioteca	70
Figura 13 - Estudantes montando a estrutura cristalina de um metal utilizando massa de modelar e palito de dente	71
Figura 14 - Estrutura cristalina cúbica de corpo centrado (CCC) construída pelos estudantes	72
Figura 15 - Estudantes participando do experimento	73
Figura 16 - Estudantes assistindo aos vídeos envolvendo metais pesados potencialmente tóxicos	74
Figura 17 - Estudantes se organizando para o debate sobre as temáticas relacionadas aos vídeos	76
Figura 18 - Estudantes desvendando QR code	77
Figura 19 - Estudantes à procura das palavras-chaves	77
Figura 20 - Estudantes reformulando suas hipóteses iniciais	79
Figura 21 - Estudante representante da equipe apresenta a solução para o problema	80
Figura 22 - Apresentação da cartilha educacional	91

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Etapas metodológicas para o planejamento de Sequências de Ensino baseadas na RP	25
Quadro 2 - Definições de Problema e Exercício e suas características	27
Quadro 3 - Metais Pesados, equipamentos eletrônicos e seus efeitos no organismo	30
Quadro 4 - Questionário sobre o conhecimento dos estudantes referente aos metais e seu descarte no meio ambiente	37
Quadro 5 - Critérios de análise do questionário para diagnose.	37
Quadro 6 - Palavras-chave referentes aos enigmas dos QR's codes distribuídos no ambiente escolar.	46
Quadro 7 - Relação das etapas da sequência de ensino com as etapas metodológicas da Resolução de Problemas e a sequência didática proposta	47
Quadro 8 - Comparação entre respostas fornecidas pelas equipes antes e após a vivência da sequência didática	81
Quadro 9 - Conhecimentos desenvolvidos durante as etapas da sequência didática	87

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - 1ª Questão do questionário diagnose	61
Gráfico 2 - 2ª Questão do questionário diagnose	62
Gráfico 3 - 3ª Questão do questionário da diagnose	63
Gráfico 4 - 4ª Questão do questionário da diagnose	64
Gráfico 5 - 5ª Questão do questionário da diagnose	65
Gráfico 6 - 6ª Questão do questionário da diagnose	66
Gráfico 7 - Análise das respostas das equipes de estudantes antes e após a sequência didática	87

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
3.1 METODOLOGIA DE ENSINO POR RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS	15
3.2 IMPORTÂNCIA DA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS NO PROCESSO EDUCATIVO: PAPEL DO ESTUDANTE E DO PROFESSOR	17
3.3 ELABORAÇÃO DE UM PROBLEMA	18
3.4 TIPOLOGIA DOS PROBLEMAS	21
3.4.1 Problemas Escolares Qualitativos	22
3.4.2 Problemas Escolares Quantitativos	22
3.4.3 Pequenas Pesquisas	23
3.5 TIPOLOGIA DOS CONTEÚDOS ABORDADOS NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS	23
3.6 ETAPAS METODOLÓGICAS DA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS	24
3.7 RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS NO ENSINO DE QUÍMICA	26
3.8 METAIS PESADOS E SEUS IMPACTOS NO MEIO AMBIENTE	28
3.9 METAIS: ASPECTOS TEÓRICOS, FENOMENOLÓGICOS E REPRESENTACIONAIS DO CONHECIMENTO QUÍMICO	31
4 METODOLOGIA	36
4.1 CONTEXTO DA PESQUISA	36
4.2 ELABORAÇÃO E ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO DE CONCEPÇÕES PRÉVIAS DOS ESTUDANTES SOBRE DESCARTE DE METAIS PESADOS E LIGAÇÃO METÁLICA	36
4.3 CRITÉRIOS DE ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO DE CONCEPÇÕES PRÉVIAS	37
4.4 CONSTRUÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	39
4.5 COLETA E ANÁLISE DE DADOS DA PESQUISA	50
4.6 ELABORAÇÃO DA CARTILHA EDUCACIONAL	51
4.7 ASPECTOS ÉTICOS DA PESQUISA	51
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
5.1 ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO DAS CONCEPÇÕES PRÉVIAS DOS ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO REFERENTES AOS METAIS PESADOS E SEU DESCARTE NO MEIO AMBIENTE	60
5.2 APLICAÇÃO E ABORDAGEM DOS RESULTADOS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA FUNDAMENTADA NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS ENVOLVENDO O DESCARTE DE METAIS PESADOS NO MEIO AMBIENTE ARTICULADO AO CONTEÚDO LIGAÇÃO METÁLICA	67
5.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS QUANTO À COMPREENSÃO DOS ESTUDANTES MEDIANTE AS SOLUÇÕES APRESENTADAS AO PROBLEMA PROPOSTO	81
6 CARTILHA EDUCACIONAL	90
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	103
REFERÊNCIAS	104

1 INTRODUÇÃO

A metodologia de ensino por Resolução de Problemas (RP) surgiu como uma resposta aos desafios e críticas enfrentados pelo ensino tradicional ao longo do tempo. A abordagem tradicional de transmissão de conhecimentos, focada na memorização e na passividade dos alunos, mostrou-se limitada em proporcionar uma aprendizagem mais significativa e eficaz. Com o objetivo de melhorar os processos de ensino e de aprendizagem, essa metodologia foi desenvolvida com base em vários referenciais teóricos: teoria construtivista (teoria da aprendizagem que enfatiza a construção ativa do conhecimento pelos próprios alunos), abordagem sociointeracionista e a teoria da aprendizagem significativa. Além disso, a RP pode promover o desenvolvimento de habilidades práticas (conhecimentos procedimentais) preparando os estudantes para aplicar os conhecimentos construídos fora do ambiente escolar (Echeverría; Pozo, 1998).

Com base nesses fundamentos, a RP se destaca como uma abordagem eficaz e abrangente para o ensino (Echeverría; Pozo, 1998). Segundo os autores, embora o ensino tradicional ainda tenha um papel importante em certos contextos, o ensino por RP avança em relação ao ensino tradicional por promover um engajamento maior dos estudantes, levando-os a uma participação ativa no processo educativo e assim contribuindo para uma formação mais ampla, capacitando-os para os desafios do mundo contemporâneo.

A RP tem como fundamento a ideia de problema como uma situação ou enunciado que uma vez apresentado ao estudante ele não dispõe, a princípio, de recursos cognitivos suficientes para resolvê-lo. Sob esta perspectiva, Echeverría e Pozo (1998, p.16), afirmam que:

“[...] uma situação somente pode ser concebida como um problema na medida em que exista um reconhecimento dela como tal, e na medida em que não disponhamos de procedimentos automáticos que nos permitam solucioná-la de forma mais ou menos imediata, sem exigir, de alguma forma, um processo de reflexão ou uma tomada de decisões sobre a sequência de passos a serem seguidos.

Assim, um problema é de certa forma, uma situação nova ou diferente do que já foi aprendido, que requer a escolha de caminhos ou estratégias na busca da resolução.

De acordo com Pozo e Crespo (1998) a RP é significativa aos educandos, por possibilitar a aproximação do conhecimento científico com a realidade vivenciada por muitos deles, o que causa interesse na busca da solução do problema. Também, uma aproximação entre a teoria e a prática, proporcionando aos educandos maior engajamento, participação e conseqüentemente um desempenho satisfatório em sala de aula.

Segundo Campos e Batinga (2022) a RP possibilita a proposição e a elaboração de diferentes tipos de problemas para introduzir conteúdos diversos e trabalhar a formação de conceitos em variados contextos escolares. Também, segundo as autoras, a RP possibilita aos estudantes o desenvolvimento da autonomia, pensamento crítico, argumentação e da vivência de características da atividade científica, considerando as especificidades dos espaços escolar e acadêmico. Também, potencializa a aprendizagem de conhecimentos conceituais, atitudinais e procedimentais pela mediação de problemas que englobam temáticas sociocientíficas, tecnológicas ou da realidade cotidiana.

No Ensino de Química, a RP tem sido utilizada de forma exitosa por vários pesquisadores. Neste sentido, destaca-se o grupo de pesquisa coordenado pelas professoras Verônica Tavares Santos Batinga e Angela Fernandes Campos intitulado 'Núcleo de Pesquisa em Ensino e Aprendizagem Baseados na Resolução de Problemas' (NUPEABRP), certificado pelo CNPq, e vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (PPGEC), ao Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI) e ao Departamento de Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Os estudos desenvolvidos pelo NUPEABRP podem ser encontrados no website RPEQ (Resolução de Problemas no Ensino de Química), www.rpeq.ufrpe.br e compreendem investigações com problemáticas diversas articuladas a diferentes conteúdos de Química Geral e Inorgânica; Química Orgânica; Físico-Química e Química Analítica, considerando o Ensino Médio e o Ensino Superior.

Nesta dissertação foi realizado um estudo sobre a problemática do descarte incorreto de metais pesados. Os metais pesados apresentam alta densidade e toxicidade mesmo em baixas concentrações, o que gera conseqüências para a sociedade (Lima; Merçon, 2011). O descarte irregular de metais pesados foi uma problemática utilizada para abordar a ligação metálica no Ensino Médio.

A maior parte dos metais forma sólidos cristalinos nos quais átomos com baixa energia de ionização formam cátions (em posições regulares) e elétrons livres. Os cátions são mantidos coesos pela atração eletrostática com os elétrons deslocalizados (que não pertencem a um único átomo, mas se movem livremente pelo retículo cristalino metálico) no sentido de formar uma estrutura cristalina. Essa teoria utilizada para explicar a ligação metálica é conhecida como “mar de elétrons” (Atkins; Jones; Laverman, 2018).

Este mar de elétrons não está associado a um único cátion, mas a todos os cátions do metal que fornecem os elétrons livres para se deslocar pela estrutura cristalina. Os metais são eletropositivos, pois têm baixa energia de ionização. Isso significa que possuem forte tendência em formar cátions. Logo, os átomos dos metais facilmente perdem elétrons, formando espécies positivas, denominadas de cátions que possuem posição fixa no retículo cristalino, enquanto os elétrons se movimentam aleatoriamente. A força eletrostática entre cátions e elétrons deslocalizados mantém a coesão da estrutura dos sólidos metálicos.

Estes aspectos teóricos são fundamentais para compreensão das propriedades macroscópicas dos metais, tais como: brilho reflexivo, tenacidade, altos ponto de fusão e ebulição, condutividades elétrica e térmica, maleabilidade e ductilidade. Dentro do grupo dos metais que realizam esse tipo de ligação, destacamos os metais pesados, que além de apresentar as características já mencionadas anteriormente possuem alta densidade ($>4\text{g/cm}^3$), são tóxicos mesmo em baixas concentrações e bioacumulativos, ou seja, o organismo não é capaz de eliminá-los. Por isso, os metais pesados devem ser monitorados em análises de água, alimentos e medicamentos. Os principais representantes desse grupo são arsênio (As), cádmio (Cd), chumbo (Pb) e mercúrio (Hg) (Toma, 2015). Existe uma preocupação ambiental quanto ao descarte de matérias contendo metais pesados ser realizado de forma incorreta, o que gera problemas ambientais.

Assim, pelo exposto, pretende-se responder ao seguinte problema de pesquisa: Como uma sequência didática pautada na metodologia de ensino por resolução de problemas contribui para a compreensão dos estudantes de aspectos relacionados ao descarte de metais pesados no meio ambiente articulado ao conteúdo químico ligação metálica?

2 OBJETIVOS

A seguir, serão apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos desta pesquisa.

2.2 OBJETIVO GERAL

- Avaliar a aplicação de uma sequência didática pautada na Resolução de Problemas sobre aspectos da temática descarte de metais pesados no meio ambiente articulada ao conteúdo de ligação metálica com estudantes do Ensino Médio.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar as ideias prévias de estudantes de Ensino Médio sobre o descarte de resíduos contendo metais pesados e aspectos relacionados ao conteúdo de ligação metálica.
- Analisar a compreensão de estudantes do Ensino Médio quanto ao descarte de metais pesados no meio ambiente articulada ao conteúdo ligação metálica após a aplicação de uma sequência didática pautada na metodologia de ensino por Resolução de Problemas.
- Elaborar uma cartilha propondo uma sequência didática pautada na Resolução de Problemas sobre aspectos da temática descarte de metais pesados no meio ambiente articulada ao conteúdo de ligação metálica para possível uso por professores de Química de escolas públicas e privadas.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica deste trabalho apresenta os seguintes tópicos: 3.1 Metodologia de Ensino por Resolução de Problemas; 3.2 Importância da resolução de problemas no processo educativo: papel do estudante e do professor; 3.3 Elaboração de um problema; 3.4. Tipologia dos Problemas; 3.5 Etapas metodológicas da resolução de problemas; 3.6 Resolução de problemas no ensino de química; 3.7 Metais pesados e seus impactos no meio ambiente; 3.8 Substâncias metálicas: aspectos teóricos, fenomenológicos e representacionais do conhecimento químico.

3.1 METODOLOGIA DE ENSINO POR RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Na metodologia de ensino por RP, a aprendizagem ocorre a partir de um problema que pode ser baseado no cotidiano do estudante. Segundo Ribeiro (2010) a RP é, sobretudo uma abordagem de ensino e aprendizagem marcada pela utilização de problemas baseados na realidade, para estimular o desenvolvimento do pensamento crítico, o desenvolvimento de habilidades de solução de problemas e a aquisição de conceitos fundamentais essenciais da área em questão.

Corroborando com a concepção de Ribeiro (2010), Cachapuz (1999, p. 8) afirma que:

O ponto de partida para aprendizagens significativas devem ser situações problema de preferência relativas a contextos reais que despertem a atenção do aluno e nos quais se possam inserir as temáticas curriculares a estudar.

No processo de ensino por RP, os estudantes devem se sentir motivados, através de uma situação problemática proposta que faça parte de sua realidade para construção do conhecimento químico. Segundo Pozo (1998, p. 9):

A solução de problemas baseia-se na apresentação de situações abertas e sugestivas que exijam dos alunos uma atitude ativa ou um esforço para buscar suas próprias respostas, seu próprio conhecimento. O ensino baseado na solução de problemas pressupõe promover nos alunos o domínio de procedimentos, assim como a utilização dos conhecimentos disponíveis, para dar resposta a situações variáveis e diferentes.

No que se refere ao ensinar a partir de problemas, não é suficiente a aprendizagem de estratégias genéricas (algoritmos) para a resolução de problemas, mas criar o hábito de encarar a aprendizagem como um conjunto de problemas que precisam ser solucionados (Echeverría; Pozo, 1998).

Durante a RP, Meirieu (1998) comenta que o sujeito é colocado de forma explícita em uma situação que possibilita a construção de seus conhecimentos. Ainda segundo o autor, é proposta uma tarefa que deve apresentar de uma forma geral, a seguinte estrutura: permitir que todos os participantes efetuem as operações mentais solicitadas; respeitar o raciocínio de cada um, porém sem renunciar a objetivos comuns de aquisição intelectual; identificar os resultados obtidos em termos de aquisição pessoal, procurando desvinculá-los das condições de sua aprendizagem e relacionar continuamente os resultados obtidos com os procedimentos utilizados durante a busca da solução do problema (Meirieu, 1998).

Lester (1983, p. 232) afirma que um problema é uma tarefa que:

1. O indivíduo ou grupo confrontado quer ou precisa encontrar uma solução.
2. Não existe um procedimento fácil e acessível que garanta ou determine completamente a solução, e,
3. o indivíduo ou grupo deve fazer tentativas para encontrar uma solução.

Nesse sentido, um problema é uma situação nova ou diferente das que já foram aprendidos e que requerem novas estratégias para a resolução. Dessa forma, inicialmente não existem caminhos evidentes para chegar à solução nem garantias que exista uma solução efetiva para o problema. Assim são os problemas científicos, nos quais os cientistas se deparam com um problema cuja solução ou os meios para atingi-la não completamente desconhecidos. Inclusive, alguns cientistas buscam resolver problemas, que até o presente momento, mostram-se insolucionáveis, como por exemplo: remédios ou vacinas para a cura de certas doenças.

Na perspectiva atual de ensino, é necessário que haja uma mudança na sala de aula, com proposição de problemas nos processos de ensino e de aprendizagem. Como afirma Lopes (1994, p. 7),

A vivência de um processo de resolução de problemas não só aumenta os saberes, como também desenvolve algumas competências cognitivas, tais como, as capacidades de formular, identificar, converter e resolver problemas. Gera igualmente outros processos, também importantes, na formação científica dos alunos como, por exemplo, a formulação de

hipóteses, o controlo de variáveis e desenvolve, para além disso, várias atitudes desejáveis, tais como a persistência.

Portanto, problemas são desafios dotados de características que instigam a nossa capacidade de raciocínio e que também põem à prova a nossa capacidade de criar, de decodificar informações, de relacionar e planejar procedimentos adequados para a sua resolução.

3.2 IMPORTÂNCIA DA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS NO PROCESSO EDUCATIVO: PAPEL DO ESTUDANTE E DO PROFESSOR

Na metodologia de ensino baseada na RP, o aluno e o professor desempenham funções específicas. A aprendizagem é centrada no estudante que constrói conhecimentos por meio da atividade de resolver problemas.

Na RP é possível observar que um problema pode ser caracterizado como qualquer situação em que se é desafiado a resolver, mas que não se tem um caminho imediato, assim, torna-se necessário um tempo e o desenvolvimento de habilidades para solucioná-lo. Esta ideia é corroborada por Echeverría e Pozo (1998, p. 16), quando considera que “um problema se diferencia de um exercício na medida em que, neste último caso, dispõe-se e utiliza-se de mecanismos que levem, de forma imediata, à solução”.

Não se trata apenas de encontrar uma solução para o problema, mas de entender o propósito e a utilidade da situação apresentada e quais são os objetivos de aprendizagem a serem atingidos. Consiste em uma atitude de construção do conhecimento em que todas as etapas do processo de resolução são fundamentais e não apenas o resultado obtido. Os alunos devem determinar a solução para o problema a partir da situação sobre a qual estão analisando. Incentivar os alunos a resolver problemas é um dos maiores desafios dessa metodologia de ensino.

Durante a RP o aluno atua de forma ativa desenvolvendo a autonomia e a criatividade. Dessa forma, durante o processo de resolução, os alunos podem opinar, debater, planejar e tornarem-se protagonistas de suas aprendizagens. O professor, neste contexto tem o papel de desencadear o processo de construção da aprendizagem por meio da proposição de problemas reais e contextualizados com o cotidiano e alinhados com os objetos de conhecimento previstos no currículo.

No ensino por RP, o professor atua como facilitador da aprendizagem; fornecendo orientação, recursos e suporte aos alunos à medida que eles enfrentam desafios, sendo responsável por criar um ambiente desafiador e estimulante, onde os alunos se sintam motivados a enfrentar os problemas com confiança, encorajando-os a fazer perguntas, investigar, experimentar e chegar às soluções. Além disso, cabe ao professor, a tarefa de adaptar as estratégias de ensino para atender às necessidades e habilidades específicas dos alunos, garantindo uma aprendizagem inclusiva.

3.3 ELABORAÇÃO DE UM PROBLEMA

Na metodologia de ensino baseada na RP o enunciado do problema é uma etapa importante, o ponto de partida, para o processo de aprendizagem. Assim, se constitui como um desafio para o professor pensar no que se deve levar em consideração no momento da construção de um problema. Nesta direção, Ribeiro *et al.*, (2020) apresentaram as características fundamentais de um problema eficaz. Dessa forma, os pesquisadores oferecem recomendações para os professores quanto à elaboração, produção e utilização de problemas eficazes em suas aulas. Além do enunciado, é preciso atentar para os objetivos de aprendizagem, os objetos de conhecimento, os recursos didáticos necessários, tempo disponível para a resolução, a contextualização, o nível cognitivo dos alunos e o nível de dificuldade do problema proposto.

Ribeiro *et al.*, (2020) apresentam quatro características que devem-se levar em consideração no processo de pensar e planejar um enunciado que se constitua como um problema eficaz:

- 1- Contextualiza a temática à realidade do aluno e aproxima-o da questão proposta: relaciona-se com a ideia de que a relação entre o mundo material e o conhecimento científico é um aspecto importante a ser considerado no processo educativo. Assim, constitui um desafio, tanto para o professor quanto para o estudante, pensar e realizar essa articulação. Vale ressaltar que o cotidiano é ponto de partida para se pensar nas articulações entre o conhecimento científico e o mundo material.

2- Suscita a reflexão crítica acerca do assunto abordado: a RP possibilita ao estudante um maior engajamento diante de situações que envolvam sua realidade, analisando-a e até mesmo inferindo sobre as diferentes maneiras de transformá-la. A realidade é complexa, vivemos situações diversas que são importantes de considerá-las no contexto escolar. Como por exemplo, a necessidade de se pensar em formas alternativas ao descarte de metais pesados no lixo. Trazer para a sala de aula essa discussão pode contribuir para a formação de estudantes conscientes em relação as suas ações, particularmente no que concerne à responsabilidade ambiental.

3- Motiva o aluno a buscar soluções: um problema eficaz também precisa ter a função de motivar o estudante na busca do processo de resolução. O estudante ao se deparar com um problema precisa reconhecê-lo, ou seja, ter a consciência de que não dispõe de meios no momento para respondê-lo, mas o considera como seu, assim se movimenta na direção de buscar alternativas, sob a orientação do professor, no sentido de resolvê-lo.

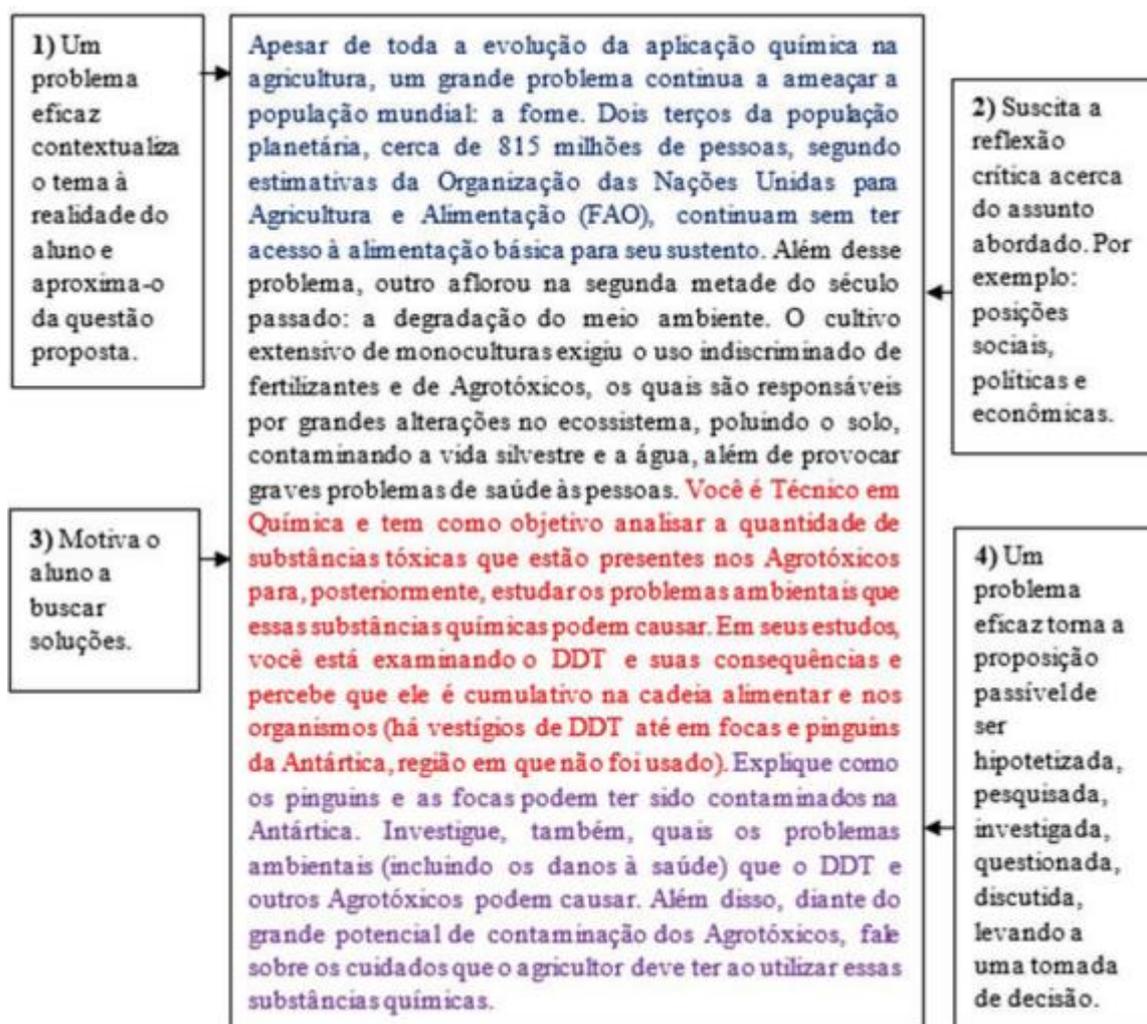
4- Favorece a proposição de hipóteses, pesquisas, investigações, questionamentos, discussões, levando a uma tomada de decisão: inicialmente os estudantes emitem hipóteses, discutem e fazem pesquisas visando a resolução do problema. A todo momento é necessário tomar decisões sobre os procedimentos a serem seguidos visando chegar a uma solução satisfatória para o problema.

Ribeiro *et al.*, (2020) afirmam que os processos de ensino e de aprendizagem podem ser favorecidos, quando o enunciado do problema apresenta as quatro características supracitadas, que não devem ser vistas de forma isolada, mas interligadas e associadas, pois uma depende da outra e potencializa as atividades baseadas na RP.

Ribeiro *et al.*, (2020) apresentam um exemplo de um problema estruturado e que pode ser considerado eficaz por apresentar as quatro características comentadas anteriormente. Tal enunciado, refere-se a temática ambiental agrotóxicos e envolve a importância da produção de alimentos em larga escala. No enunciado aborda-se a questão da degradação do meio ambiente como consequência do uso extensivo de monocultura e indiscriminado de defensivos agrícolas, poluindo o solo e contaminando a água e a vida silvestre. Em seguida, o enunciado coloca o estudante como um técnico em Química e que necessita

analisar as substâncias tóxicas presentes nos agrotóxicos. Finalmente, o problema solicita que o estudante explique como os pinguins e as focas podem ter sido contaminadas na Antártica e que ele investigue quais problemas ambientais o DDT e outros agrotóxicos podem causar na saúde. Na Figura 1, os autores utilizaram diferentes cores para destacar no enunciado a parte que se refere a cada uma das características que um problema eficaz deve apresentar.

Figura 1. Problema com as características de um enunciado eficaz.



Fonte: Ribeiro *et al.*, (2020).

3.4. TIPOLOGIA DOS PROBLEMAS

Echeverría e Pozo (1998) estabelecem que os problemas podem ser classificados como dedutivos ou indutivos, de acordo com o tipo de raciocínio que a pessoa acionará na resolução do problema, e como definidos ou maldefinidos. Assim sendo, diz-se que um problema é definido quando é de fácil identificação e solução, atualmente o que denominamos de exercício, considerando a perspectiva do modelo de ensino tradicional. Os problemas definidos são questões semelhantes aos exercícios, dessa forma os educandos conhecem os passos a serem seguidos e o ponto que se quer atingir. Por sua vez, os problemas maldefinidos, exigem raciocínio, planejamento e tomada de decisão. Problemas totalmente maldefinidos, são problemas aparentemente sem solução e não são recomendados no ensino.

Já um problema maldefinido ou indefinido é aquele cujas etapas a serem seguidas são menos claras e específicas, podendo-se chegar a diversas soluções. Os problemas maldefinidos foram chamados de problemas eficazes por Ribeiro *et al.*, (2020).

De acordo com Pozo e Crespo (1998), os problemas podem ser classificados em três categorias: escolares, científicos e cotidianos. Os problemas escolares retratam questões do ambiente educacional, os problemas científicos, relacionam desafios investigados pela Ciência, e os problemas cotidianos envolvem situações enfrentadas por indivíduos ou grupos sociais. Os problemas escolares servem de articulação entre os problemas científicos e os problemas cotidianos.

Quando temos em vista a maneira pela qual os problemas são tratados em sala de aula, assim como as metas educacionais no contexto do currículo e as estratégias de resolução, os problemas escolares podem ser classificados em: problemas qualitativos, problemas quantitativos e pequenas pesquisas. Os problemas escolares não são concebidos como uma imitação ou aproximação forçada à pesquisa científica, e sim como uma forma de auxiliar os alunos a adquirir hábitos e estratégias de resolução de problemas mais próximos aos da ciência, assim como a distinguir as tarefas e contextos nos quais esses métodos tornam-se mais eficazes do que uma abordagem cotidiana (Pozo; Crespo, 1998).

A seguir, destacaremos especificamente os problemas escolares e sua classificação de acordo com Pozo e Crespo (1998).

3.4.1 Problemas Escolares Qualitativos

São problemas escolares que demandam soluções na forma textos, imagens, etc. São problemas cuja solução não dependem de cálculos matemáticos (Pozo, Crespo, 1998). Segundo Batinga e Teixeira (2014, p. 26):

São problemas, nos quais se deve predizer ou explicar um fato, analisar situações cotidianas ou científicas e interpretá-las a partir dos conhecimentos pessoais e/ou modelo conceitual proporcionado pela ciência. O principal objetivo deste tipo de problema é fazer com que o aluno relacione os conceitos científicos com fenômenos que presenciam em seu cotidiano.

Esse tipo de problema é indicado para abordar conceitos e teorias. Nesse sentido, as soluções apresentadas podem ser debatidas, comparadas e avaliadas quanto à sua efetividade.

3.4.2 Problemas Escolares Quantitativos

Nesse tipo de problema, os estudantes manipulam dados numéricos para chegar a uma solução. Segundo Batinga e Teixeira (2014, p. 27):

[...] os problemas escolares quantitativos têm sido usados com frequência no contexto das aulas de Química. Esses problemas podem ser úteis quando se deseja alcançar objetivos concretos, por exemplo, ajudar o aluno a compreender os conceitos científicos por meio da aplicação de determinadas grandezas aos cálculos; permitir a aprendizagem de habilidades (conteúdos procedimentais), técnicas e algoritmos básicos para a aplicação da ciência a problemas concretos; familiarizar o aluno com a importância das medidas, da precisão, das grandezas e das unidades utilizadas para medi-las.

Os problemas quantitativos exigem diferentes raciocínios para se chegar à solução. Na área das Ciências da Natureza, a manipulação de números e variáveis não devem se dissociar dos conhecimentos teóricos envolvidos nesse tipo de problema.

3.4.3 Pequenas Pesquisas

São problemas escolares cuja solução requer necessariamente um trabalho prático (Pozo; Crespo, 1998). Para Batinga e Teixeira (2014, p. 28):

Em princípio para resolver uma pequena pesquisa os alunos teriam que identificar o objeto de estudo do problema no contexto da disciplina com base em conhecimentos anteriores. E de forma cooperativa, em grupos, possam formular hipóteses testáveis para responder o problema, como também discutir e socializar tais hipóteses, selecionar as variáveis relevantes para resolver o problema, selecionar e realizar experiências adequadas em laboratório para testar as hipóteses, conhecer técnicas experimentais para manipular corretamente e de forma segura instrumentos de medida, registrar os valores obtidos e por fim analisar os dados e sistematizar as respostas para o problema.

As pequenas pesquisas visam aproximar os estudantes do trabalho científico ao inserir tarefas típicas de um cientista, tais como: realizar experimentos, buscar referências, testar hipóteses, etc. As pequenas pesquisas articulam conhecimentos conceituais, procedimentais e atitudinais.

3.5 TIPOLOGIA DOS CONTEÚDOS ABORDADOS NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

A RP envolve a mobilização simultânea ou não de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais (Campos; Nigro, 1999).

Os conteúdos conceituais referem-se aos conceitos, teorias e modelos utilizados pela Ciência na explicação dos fenômenos da natureza. Por exemplo, no que diz respeito à ligação metálica envolveria as diferentes construções teóricas ao longo do tempo que buscam compreender os metais e explicar suas propriedades: teoria do mar de elétrons, teoria das bandas, etc.

Os conteúdos procedimentais envolvem a manipulação de materiais, aprendizagem de técnicas e procedimentos. Em relação aos metais, pode-se citar como conhecimentos procedimentais a manipulação dos diferentes metais e as técnicas utilizadas para explorar suas propriedades: condutividade elétrica e térmica, microscopia de varredura para investigar as posições dos íons na estrutura cristalina, etc.

Os conteúdos atitudinais envolvem atitudes que podem ser construídas por meio do ensino. No caso dos metais, diversas atitudes podem ser exploradas: uso racional dos metais raros, uso restrito de metais potencialmente poluentes, descarte adequado de metais pesados, etc.

Dessa forma, observa-se que a resolução de problemas pode contribuir para a construção de conhecimentos conceituais, procedimentais e atitudinais em relação aos metais.

3.6 ETAPAS METODOLÓGICAS DA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Freitas (2022) realizou uma revisão da literatura sobre as etapas que fazem parte da metodologia de ensino por RP. O estudo mostrou que os conhecimentos prévios dos estudantes são levados em consideração e constitui um momento importante para que o professor possa refletir sobre o problema a ser proposto, os objetivos de aprendizagem pretendidos e o contexto inserido no enunciado. Há também a etapa de formulação das hipóteses no sentido de emitir possíveis respostas ao problema proposto.

A etapa seguinte exige que o professor forneça por meio de diferentes instrumentos didáticos caminhos para que os estudantes executem procedimentos diversos, adquirindo conhecimentos para chegarem a possíveis respostas ao problema.

As demais etapas compreendem momentos de estudo, proposição de uma resposta ou possíveis respostas ao problema, socialização e discussão das respostas fornecidas pelos estudantes com discussão com o professor. Vale ressaltar, pelo exposto no quadro 1, que ambos, professor (orientador, mediador) e estudante (colaborador, participador) têm papéis importantes no processo educativo.

O Quadro 1 mostra as etapas que devem ser consideradas no trabalho com RP, estabelecido por Freitas (2022):

Quadro 1 - Etapas metodológicas para o planejamento de sequências de ensino baseadas na RP.

Exploração do conhecimento prévio sobre o problema	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentação dos problemas aos alunos. - Leitura e discussão dos problemas pelos alunos, de modo que eles possam reconhecer o problema como tal. - O professor identifica e discute os conhecimentos prévios dos alunos sobre o problema. - Os alunos identificam os conteúdos e conceitos necessários para solucionar o problema.
Formulação de hipóteses	<ul style="list-style-type: none"> - Os alunos tentam explicar o problema e apresentam as reflexões e questões lhes suscitam e que eles mesmos terão que respondê-las. - Os estudantes apontam possíveis respostas para a situação problemática proposta com base nos seus conhecimentos prévios. - Professor precisa assegurar que as hipóteses geradas estejam relacionadas com o objetivo de aprendizagem.
Proposição de atividades	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de recursos, atividades e estratégias relacionadas ao conteúdo/contexto do problema para auxiliar na resolução do mesmo. - O professor expõe os conteúdos inerentes ao problema (pode realizar aula expositiva dialogada). - Os alunos realizam atividades preparadas pelo professor, tais como: atividades experimentais, Textos de Divulgação Científica, modelos e analogias, vídeos, jogos, histórias em quadrinhos, Charges, Hipermídias, Tecnologia Digitais da Informação e da Comunicação, entre outros. - Os estudantes sempre que possível devem ser organizados em grupos.
Autoestudo	<ul style="list-style-type: none"> - Os alunos analisam as informações obtidas na etapa anterior. - Estudantes realizam uma pesquisa individual no sentido elaborar suas próprias estratégias de resolução auxiliados pela fase anterior
Apresentação da solução para o problema	<ul style="list-style-type: none"> - Os alunos apresentam, individualmente ou em grupo, a solução final para o problema com o qual foram confrontados inicialmente. -Análise da(s) solução(ões) encontradas. - O professor verifica a validade das respostas e discute com os alunos.
Avaliação e reflexão sobre a aprendizagem	<ul style="list-style-type: none"> - Professor verifica se o objetivo de aprendizagem foi alcançado. - Revisão do que foi discutido na Sequência de Ensino. -Verificam os conhecimentos desenvolvidos (conceituais, procedimentais e atitudinais). - Professor e alunos avaliam todo processo de resolução do problema (feedback).

Fonte: Freitas (2022).

Essas etapas não necessariamente precisam ser seguidas na ordem apresentada pela autora, mas é fundamental que o problema seja o ponto de partida e que tenha as características de um problema eficaz conforme orientado por Ribeiro *et al.*, (2020). O trabalho com RP não é fácil, o que torna desafiador. Os professores precisam ter formação nesta direção, ou seja, competências profissionais que envolvam a mobilização de conhecimentos específicos, no nosso

caso, de Química, articulação dos conhecimentos químicos com o cotidiano do estudante, além de conhecimentos sobre a prática do ensino de Química.

3.7 RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS NO ENSINO DE QUÍMICA

A Química é um componente curricular obrigatório no Ensino Médio. Estudos mostram que os estudantes apresentam dificuldades no processo de aprendizagem desse componente curricular, o que contribui para que eles se sintam desmotivados e sem interesse na aprendizagem (Mortimer *et al.*, 2000). A maioria dos alunos apresenta dificuldade em entender a Química, principalmente porque o ensino está centrado na transmissão de conteúdos com ênfase na memorização e com tímida participação do estudante. Segundo Mortimer *et al.*, (2000, p. 274):

Nosso ensino de química tradicional é fruto, na maioria das vezes, de um processo histórico de repetição de fórmulas que são bem sucedidas do ponto de vista didático - fazer com que o aluno aprenda alguns procedimentos relacionados à Química, transformando a disciplina num manejo de pequenos rituais.

Nesta perspectiva há atualmente várias alternativas ao modelo de ensino tradicional que representam um avanço no processo de aprender Química. Num ambiente de aprendizagem em que o diálogo é fundamental, a relação professor/aluno não pode ser de autoritarismo. O professor deve ocupar uma posição de mediador entre o conhecimento e os alunos e é preciso que ambos colaborem para os processos de ensino e de aprendizagem.

Mais uma vez, vale ressaltar que exercícios e problemas têm funções diferentes no contexto da sala de aula. Enquanto na resolução de exercícios os estudantes dispõem de mecanismos que os levam de forma imediata, à solução, na RP isso não ocorre, pois, é preciso levantar hipóteses e testá-las (Pozo, 1998).

No Quadro 2 são expostas as definições e características de que diferenciam problemas de exercícios:

Quadro 2 - Definições de Problema e Exercício e suas características.

Definições de Problema apresentadas por Pozo (1998)	Características de Problemas
Uma situação para qual não há um caminho de resolução preestabelecido, cujos passos possam ser aprendidos e aplicados de forma quase automática, e sim que se trata sempre de questões cuja resposta deve ser necessariamente explorada.	Não apresenta um caminho de resolução preestabelecido; a solução deve ser explorada.
Uma situação que um indivíduo ou um grupo quer ou precisa resolver e para qual não dispõe de um caminho rápido e direto que leve à solução.	Situação que precisa ser resolvida. Não possui um caminho rápido e direto para a solução.
Tarefas sem uma resposta única, a qual pode ser alcançada por itinerários diferentes.	Apresenta vários caminhos para a resolução.
Problema inserido em um contexto real. A solução de problemas representa para o aluno uma demanda cognitiva e motivacional maior do que a execução de exercícios.	Situação motivacional e contextualizada.
“São exigidas estratégias, conhecimentos conceituais, atitudes, etc.” (POZO, 1998, p. 17). Exige o uso de estratégias e a tomada de decisões sobre o processo de resolução que deve ser seguido.	Situação que exige o uso de estratégias e um processo de reflexão para resolução.
Definições de Exercício apresentada por Pozo (1998)	Características de Exercício
Utilizamos mecanismos que nos levam, de forma imediata, à solução.	Caminho rápido e direto para solução.
A realização de exercícios se baseia no uso de habilidades ou técnicas sobre aprendidas, ou seja, transformadas em rotinas automatizadas como consequência de uma prática contínua.	Utilização de habilidades ou técnicas preestabelecidas.
Exercitar uma técnica quando enfrentamos situações ou tarefas já conhecidas, que não representam nada de novo e que, portanto, podem ser resolvidas pelos caminhos ou meios habituais.	Praticar o que foi aprendido.

Fonte: Freitas (2017).

Portanto, um problema se difere de um exercício quando neste último, mecanismos são disponibilizados e utilizados para que se chegue de forma imediata a uma solução, enquanto o problema se caracteriza por ser uma situação nova, contextualizada, desconhecida, a princípio pelos estudantes (POZO, 1998).

Até o final da década de 90 eram tímidos os estudos sobre RP em Química. Atualmente pode-se dizer que houve uma evolução significativa de trabalhos nos diferentes níveis de ensino de Química que contempla a RP. Vale destacar que na UFRPE há o grupo, NUPEABRP, que tem trabalhado com RP direcionados para o ensino de Química, conforme já dito na Introdução desta dissertação. Após várias pesquisas realizadas com estudantes da iniciação científica, especialização em Ensino de Química, Mestrado e Doutorado em Ensino de Ciências e Mestrado

Profissional em Química em Rede Nacional e publicadas em diversos periódicos científicos surgiu a necessidade de agregar em um único espaço essas investigações. Assim, um projeto de pesquisa foi construído e submetido à FACEPE tendo sido aprovado em edital do referido órgão em 2014. O projeto foi desenvolvido por Freitas (Campos; Freitas, 2018) e consistiu na construção de um *website*, RPEQ (Resolução de Problemas no Ensino de Química), www.rpeq.ufrpe.br, com o objetivo de funcionar como um repositório digital de pesquisas sobre RP no ensino de química, a princípio do grupo NUPEABRP, e também para promoção da divulgação científica dos estudos e formação continuada com professores de Química da Educação Básica.

Dentre os vários artigos que constam no *website* destacamos aqui o de Fernandes e Campos (2012), que traz uma discussão realizada por alguns pesquisadores que consideram a ligação química um conteúdo abstrato, por isso, longe das experiências dos alunos e de difícil compreensão (Coll; Treagust, 2003; De Posada, 1997), (Acar; Tarhan, 2008). Esses estudos revelam que dentre os três tipos de ligação química (iônica, covalente e metálica), a ligação metálica é a menos assimilada pelos estudantes.

Fernandes e Campos (2012) comentam que o conteúdo de ligações químicas, apesar de ser considerado um dos temas mais importantes da Química, ainda é pouco abordado no âmbito das pesquisas em Ensino de Química, particularmente, a ligação metálica. Sob esta perspectiva, este trabalho busca contribuir com a proposição de um estudo sobre o descarte de metais pesados articulados ao conteúdo de ligação metálica.

3.8 METAIS PESADOS E SEUS IMPACTOS NO MEIO AMBIENTE

Os metais desempenham funções importantes no metabolismo dos seres vivos. Suas propriedades demonstram-se fundamentais na manutenção da estrutura tridimensional de biomoléculas essenciais ao metabolismo celular (Toma, 2015). No entanto, enquanto alguns metais são necessários em quantidades mínimas para os seres vivos, outros não apresentam função biológica relevante, podendo causar danos ao metabolismo.

A expressão 'metal pesado' não é definida pela União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC), pois não há consenso entre os cientistas quanto às características que definem um metal pesado. No entanto, esse termo se popularizou na literatura a figura em textos desde a primeira metade do século XX. De uma forma geral, inclui-se no grupo chamado metais pesados, metais e semimetais de elevada densidade e toxicidade (Baird, 2011).

Para o ser humano, existem 10 metais essenciais: sódio, potássio, magnésio, cálcio (macrominerais), manganês, ferro, cobre, zinco, cobalto e molibdênio. Os metais vanádio, níquel e estanho ainda estão sendo investigados quanto ao seu papel essencial no corpo humano (Zoroddu *et al.*, 2019).

Em excesso, qualquer metal, inclusive os essenciais são tóxicos ao organismo humano. Entre os metais pesados, os mais estudados quanto aos seus danos à saúde estão mercúrio, chumbo, cádmio, crômio e arsênio (Baird, 2011; Toma, 2015).

Esses metais pesados são encontrados em equipamentos eletroeletrônicos, pilhas, baterias, etc. Quando esses dispositivos são descartados os metais pesados podem se depositar no solo e contaminar a terra, a água, o ar e a biodiversidade. Dessa forma, é necessário encontrar soluções para o descarte adequado e para o reaproveitamento desses metais.

De acordo com a resolução 401/2008 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), as pilhas e baterias devem conter um limite máximo de metais em peso. Entre os metais pesados permitidos estão: mercúrio cádmio e chumbo. A mesma resolução estabelece que:

Os estabelecimentos que comercializam os produtos mencionados no art. 1º [pilhas e baterias], bem como a rede de assistência técnica autorizada pelos fabricantes e importadores desses produtos, deverão receber dos usuários as pilhas e baterias usadas, respeitando o mesmo princípio ativo, sendo facultativa a recepção de outras marcas, para repasse aos respectivos fabricantes ou importadores (BRASIL, 2008, p. 2-3).

Dessa forma, os comerciantes devem receber pilhas e baterias esgotadas e enviar para o descarte correto e reciclagem. O retorno do produto para o comerciante / produtor é conhecido como logística reversa.

Descartar corretamente os resíduos eletrônicos ainda não é um desafio no Brasil. Existem poucos pontos de coleta desses resíduos, sobretudo nos locais mais afastados das capitais.

Os metais pesados são perigosos aos seres humanos, pois:

Os principais antioxidantes das células, principalmente antioxidantes e enzimas do grupo tiol (-SH), são esgotados por alguns metais pesados como Cd, Pb, Hg e As. A geração de espécies reativas de oxigênio (ERO), como o radical hidroxila (OH), o radical superóxido (O₂) e o peróxido de hidrogênio (H₂O₂), pode ser aumentada por esses metais. O "estresse oxidativo" é uma condição na qual a defesa antioxidante inerente da célula é devastada devido ao aumento da geração de ERO. Alguns metais pesados são nefrotóxicos, acumulando-se especialmente no córtex renal, incluindo Cd, Pb e Hg. Um dos aspectos mais importantes da toxicidade dos metais pesados é sua forma química (Pujari; Kapoor, 2021, p. 5).

Dessa forma, as espécies químicas que contêm metais pesados determinam a extensão dos danos causados ao organismo humano.

No Quadro 3 a seguir é possível verificar o que cada metal pesado pode proporcionar ao organismo humano.

Quadro 3 - Metais pesados, equipamentos eletrônicos e seus efeitos no organismo.

METAL PESADO	EQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS	EFETOS NO ORGANISMO
Mercúrio	Pilhas, baterias, lâmpadas, monitores de TV e computadores	Neurotóxico, provoca problemas de visão e de coordenação motora em seres humanos e animais. A intoxicação aguda por mercúrio pode ocasionar: edema pulmonar, danos aos rins, tremores, convulsões, perda de memória, confusão mental, coma e morte.
Chumbo	Baterias de carro, monitores de TV e computadores, circuitos eletrônicos	A maior parte de sua dispersão ambiental deve-se à produção, uso e descarte de baterias de chumbo-ácido. Nessas baterias há chumbo e óxido de chumbo. Nos seres humanos, o chumbo causa anemia, disfunções renais hepatite encefalopatias e diarreias. A intoxicação por chumbo é conhecida como saturnismo e se manifesta por meio de dores abdominais, úlceras na boca, constipação e sensação de gosto metálico.
Cádmio	Pilhas e baterias	Poluente mundial associado à fabricação de pilhas níquel-cádmio. Por apresentar semelhanças químicas com o zinco, o cádmio acaba por substituí-lo em sistemas biológicos causando sérios danos à saúde. O cádmio é considerado mutagênico, teratogênico e carcinogênico. Esse metal ainda provoca nos seres humanos: grande mal estar, diarreia, dores abdominais e fragilidade nos ossos.

Fonte: Elaborado pela autora.

A geração de lixo eletrônico vem aumentando cada vez mais e a maior parte pode ser reaproveitada ou reciclada, mas o destino final da maior quantidade desses resíduos acaba sendo os lixões.

Os resíduos industriais contendo metais pesados podem escapar dos aterros e espalhar-se ao longo da cadeia alimentar, contaminando a biodiversidade. Esses metais pesados podem ser absorvidos por organismos vivos e permanecer neles para sempre. Isso se deve a um fenômeno conhecido como bioacumulação. Daí a necessidade de conscientizar a todos sobre o descarte correto dos itens que fazem parte da tão necessária tecnologia. O destino correto do lixo eletrônico depende não somente de se ter uma legislação, mas principalmente da participação efetiva e consciente da sociedade.

Atualmente podemos perceber o aumento do descarte de equipamentos eletrônicos devido sua crescente utilização, o que ocasiona consequências ao meio ambiente. Os equipamentos eletrônicos contêm metais pesados tóxicos e que se descartado de forma incorreta podem causar danos ao meio ambiente. Em vez de serem depositados no meio ambiente, os materiais eletrônicos têm total potencial para serem reciclados adequadamente.

Pelo exposto, pode-se inferir que o descarte de resíduos eletrônicos de forma inadequada no meio ambiente pode ser fonte de diversos problemas ambientais e conseqüentemente trazer prejuízos à população. Essa realidade tem sido pauta de discussões no meio científico e tem contribuído para se pensar em alternativas na busca de minimizar os problemas gerados pelo aumento de resíduos eletrônicos e seu descarte. Assim, o uso da logística reversa tem sido uma das alternativas mais efetivas.

3.9 METAIS: ASPECTOS TEÓRICOS, FENOMENOLÓGICOS E REPRESENTACIONAIS DO CONHECIMENTO QUÍMICO

Pauletti et al., (2014) comentam que no ensino de Química deve-se explorar os três níveis do conhecimento químico: teórico (submicroscópico), fenomenológico (macroscópico) e representacional (simbólico), ou seja, a cada fenômeno químico se pressupõe que o ensino explore de forma concomitante a livre transição entre esses

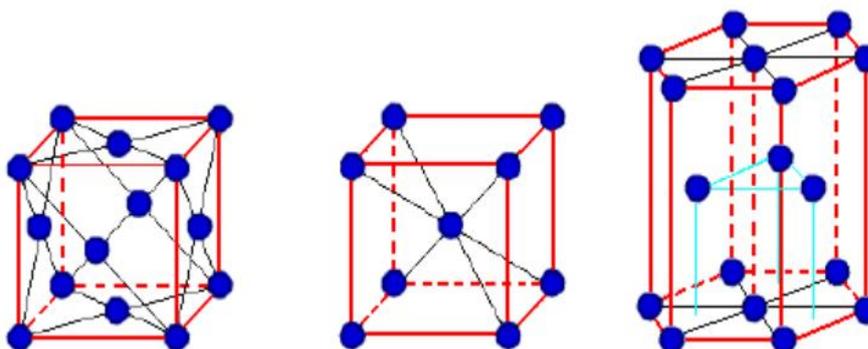
níveis. Segundo os autores, um ensino que privilegie os três níveis do conhecimento químico, poderá resgatar elementos do cotidiano, além de aproximar a Química do contexto do estudante, fazendo assim mais sentido a este estudante.

Em relação ao nível teórico do conhecimento químico, temos que metais e ligas metálicas mantêm a sua constituição e coesão por meio da ligação metálica. Um dos modelos propostos para explicar a natureza dessa ligação química considera que os átomos da estrutura cristalina dos metais estejam em um estado ionizado (cátion) com os elétrons de valência (muitas vezes chamados de elétrons livres) em movimento por todo o retículo cristalino, formando o que na perspectiva metafórica denomina-se de um mar de elétrons.

A ideia clássica da ligação metálica foi proposta pelo físico alemão Paul Drude (1863-1906) em 1900. Nesse modelo, os elétrons de valência têm alta mobilidade e não estão ligados a nenhum átomo em particular. A formação do mar de elétrons é explicada pela baixa energia de ionização e baixa eletronegatividade dos átomos dos metais que podem facilmente formar íons. De acordo com essa teoria, os elétrons de valência nos metais são deslocalizados facilmente porque se encontram sob influência de diversos núcleos, criando um conjunto de elétrons livres.

A Figura 2 apresenta os principais arranjos cristalinos presentes nos metais: cúbico de face centrada (CFC), cúbico corpo centrado (CCC), hexagonal compacto (HC). Essa forma de representar os arranjos cristalinos relaciona os níveis simbólico e teórico do conhecimento químico em relação aos metais e à ligação metálica.

Figura 2 - Estruturas cristalinas CFC, CCC e HC.



Fonte: <https://www.ctborracha.com/materiais-de-engenharia/propriedades/comparacao-de-algumas-propriedades-dos-materiais/>

Por meio da difração de raios-x é possível conhecer o arranjo cristalinos dos metais. Nesse sentido, zinco e magnésio apresem arranjo cristalino do tipo HC. Por sua vez, alumínio, cobre, prata e ouro apresentam arranjo do tipo CCC. Por fim, ferro, sódio e potássio apresentam arranjo cristalino do tipo CFC (Atkins; Jones; Laverman, 2018).

É importante destacar que diferentes metais podem apresentar diferentes estruturas cristalinas e esse arranjo depende de fatores como número de elétrons, natureza do átomo, tamanho dos átomos e número de coordenação. Além disso, cada estrutura cristalina confere diferentes propriedades físicas e mecânicas aos metais.

As propriedades características dos metais (aspecto macroscópico ou fenomenológico do conhecimento químico) podem ser melhor entendidas a partir da ideia clássica da ligação metálica, baseada nas atrações de natureza eletrostática, não direcionais (atrações eletrostáticas) que originam estruturas com elevada coordenação e simetria e formam cristais com células unitárias repetitivas. As condutividades elétrica e térmica podem ser explicadas pela alta mobilidade dos elétrons fluindo na rede, de um lugar a outro por todo o retículo cristalino. Quando uma diferença de potencial elétrico é aplicada, os elétrons se movem, livremente, entre os cátions metálicos. Os metais conduzem eletricidade porque os elétrons do “mar” podem responder a uma diferença de potencial aplicada, e se movem além dos cátions estacionários (Atkins; Jones; Laverman, 2018).

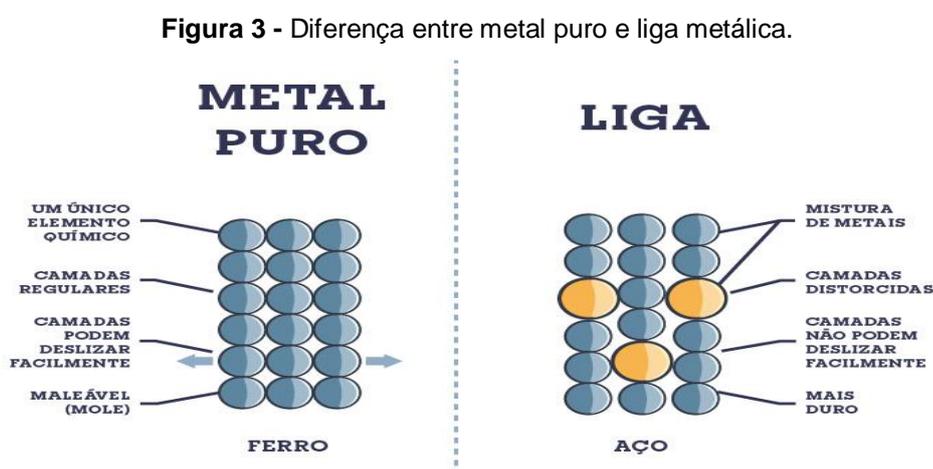
A maleabilidade e a ductilidade dos metais são explicadas pela natureza das atrações eletrostáticas que são não direcionais das ligações entre os cátions e os elétrons. Portanto, quando uma força externa é aplicada à estrutura cristalina de um metal, esses elétrons deslocalizados se adaptam rapidamente às deformações resultantes, e os metais têm relativamente altos pontos de fusão e de ebulição. A força da ligação metálica depende vários fatores, como: o número de elétrons livres no metal (quanto maior o número de elétrons maior a força de ligação), raio catiônico (quanto menor maior, maior atração dos elétrons), densidade de empacotamento (como os átomos se organizam).

A aparência brilhante dos metais está relacionada aos elétrons livres no mar de elétrons. A interação da radiação eletromagnética (luz) com os elétrons de valência deslocalizados que se encontram na superfície do respectivo mar de

elétrons induz uma oscilação com a mesma frequência da radiação incidente. Essa oscilação faz com que o metal reflita a luz na mesma frequência com que incide, produzindo um aspecto brilhante.

Pelo visto, é possível explorar os três níveis do conhecimento químico referentes à ligação metálica e ainda correlacioná-los com questões contextuais como, por exemplo, o descarte de metais pesados no meio ambiente.

Os metais em estado puro geralmente possuem pouca dureza, porém, na forma de uma liga metálica, onde ocorre a combinação de duas ou mais substâncias simples com, pelo menos, uma delas metálica, essa propriedade sofre modificação. Na Figura 3, podemos observar essa diferença entre metal puro e a liga metálica.



Fonte: <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/ligacoes-metalicas-as-propriedades-dos-metais.htm>

As ligas são criadas para melhorar propriedades de interesse como dureza, resistência, ductilidade, e outras características que os metais puros não possuem em condições ideais. A maneira mais comum de combinar metais em uma liga é derretê-los, misturá-los e permitir que se solidifiquem e esfriem de volta à temperatura ambiente, dessa forma, as ligações tornam-se mais fortes, resultando em materiais mais resistentes. Por exemplo, o ouro 24 quilates contém o metal praticamente puro (99,9%). No entanto, esse metal é macio e pode ser riscado com facilidade. Por sua vez, o ouro 18 quilates, é uma liga resistente e brilhante que apresenta 75% de ouro e 25% de outros metais, como: prata e cobre (Santos, 2019).

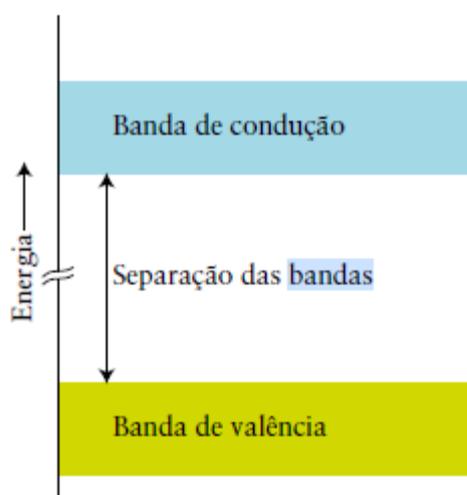
Os estudos sobre os materiais metálicos avançaram, os cientistas buscavam entender a natureza dos elétrons nos sólidos e sua contribuição para as propriedades elétricas e ópticas desses materiais. Foi então que surgiu a Teoria das

Bandas, fundamentada na Teoria dos Orbitais Moleculares, que permite explicar como os elétrons estão distribuídos em diferentes níveis de energia em um sólido. Esses níveis de energia são agrupados em bandas, que são faixas contínuas ou descontínuas de energia permitidas para os elétrons. As bandas com energia permitida são chamadas de bandas de valência.

As bandas de condução apresentam energia maior que a energia das bandas de valência. Quando os elétrons da banda de valência recebem energia, eles podem migrar para a banda de condução. Essa migração é responsável pela condutividade elétrica dos metais. Para isso, no entanto, é necessária energia suficiente para que os elétrons migrem entre as bandas de valência e de condução. Caso a diferença energética entre as bandas de valência e de condução seja grande, não haverá migração de elétrons e o metal será um isolante (Atkins; Jones; Laverman, 2018).

A Figura 4 apresenta a teoria das bandas:

Figura 4 - Teoria das Bandas.



Fonte: Atkins; Jones e Laverman (2018).

A Teoria das Bandas é mais sofisticada que a do mar de elétrons e explica com maior precisão as propriedades metálicas. Porém, neste trabalho, o enfoque da ligação metálica será dado à teoria do mar de elétrons, que é mais utilizada no Ensino Médio.

4 METODOLOGIA

Este trabalho apresenta uma pesquisa pautada em uma abordagem qualitativa, que inclui a participação de estudantes do Ensino Médio requerendo geralmente um maior investimento de tempo do investigador, tendo em vista que prioriza o processo da investigação (Bogdan; Biklen, 1994).

Quanto à caracterização da pesquisa a consideramos de natureza interventiva de aplicação, pois tem seu foco na avaliação da aplicação de uma sequência didática (Teixeira; Megid Neto, 2017).

4.1 CONTEXTO DA PESQUISA

Participaram desta pesquisa 30 estudantes do 1º ano do Ensino Médio de Escola de Referência, localizada no município de Olinda. Nesta escola da rede estadual, os estudantes analisaram o conteúdo de ligações metálicas frente a uma situação-problema real que acontece no manguezal situado no entorno de uma comunidade escolar, onde ocorre o descarte incorreto do lixo pela população. Esse problema ambiental vem ocasionando poluição ao meio ambiente e preocupando as pessoas que sobrevivem das espécies presentes neste ecossistema, devido ao possível comprometimento da qualidade dos crustáceos que pode acarretar prejuízos futuros as pessoas que deles retiram seu sustento como também danos à saúde ao consumir. E esta problemática foi articulada com o conteúdo de ligações metálicas.

4.2 ELABORAÇÃO E ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO DE CONCEPÇÕES PRÉVIAS SOBRE O DESCARTE DE METAIS PESADOS E LIGAÇÃO METÁLICA

Com o intuito de diagnosticar o nível de conhecimento dos estudantes sobre o tema a ser aprendido, foi proposto um questionário a fim de identificar suas concepções prévias referentes ao descarte de metais pesados e a ligação metálica. As questões elaboradas estão descritas no quadro 4 a seguir:

Quadro 4 - Questionário sobre o conhecimento dos estudantes referente aos metais e seu descarte no meio ambiente.

QUESTÕES PARA DIAGNOSE
1. Cite alguns materiais do seu dia a dia que você considera que possuem metais.
2. Consegue perceber algumas propriedades dos metais no seu dia a dia? Se sim, cite duas propriedades.
3. O que são metais pesados? Cite alguns deles.
4. De que maneira você ou sua família descarta os materiais que contêm metais?
5. Que problemas referentes ao descarte dos materiais que apresentam metais potencialmente tóxicos podem ocasionar ao meio ambiente?
6. O que é uma ligação metálica?

Fonte: Elaborado pela autora.

4.3 CRITÉRIOS DE ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO DE CONCEPÇÕES PRÉVIAS

Para análise das respostas dos estudantes foram construídas categorias de análise com base no estudo de Lacerda *et al.*, (2012). As categorias consideradas foram: Satisfatória (S), Parcialmente Satisfatória (PS) e Insatisfatória (I). As categorias estão melhor descritas para cada questão no quadro 5 a seguir.

Quadro 5 - Critérios de análise do questionário para diagnose.

Questões	Satisfatória	Parcialmente Satisfatória (PS)	Insatisfatória (I)
1. Cite alguns materiais do seu dia a dia que você considera que possuem metais	Aos estudantes que respondem corretamente ao conhecimento químico com base no referencial científico sobre metais (Atkins, 2006), ou seja, conseguem identificar metais como, Ferro, Cobre, Chumbo, entre outros, presentes em vários materiais.	Aos estudantes que respondem parcialmente ao conhecimento químico com base no referencial científico sobre metais (Atkins, 2006), ou seja, conseguem citar pelo menos um material que contém metal.	Aos estudantes que responderam incorretamente ao conhecimento químico com base no referencial científico sobre metais ou não responderam.
2. Consegue perceber algumas propriedades dos metais no seu dia a dia? Se sim, cite duas propriedades.	Aos estudantes que respondem corretamente ao conhecimento químico com base no referencial científico sobre propriedades dos metais (Atkins, 2006), ou seja,	Aos estudantes que respondem parcialmente ao conhecimento químico com base no referencial científico sobre propriedades dos metais (Atkins, 2006), ou seja, cita pelo menos uma	Aos estudantes que responderam incorretamente ao conhecimento químico com base no referencial científico sobre propriedades dos metais ou não responderam.

	percebem propriedades como, condutividade elétrica, térmica, brilho característico.	propriedade.	
3. O que são metais pesados? Cite alguns deles.	Aos estudantes que respondem corretamente ao conhecimento químico com base no referencial científico sobre metais pesados (DUFFUS, 2002), ou seja, identificam metais que apresentam elevada massa atômica como, Chumbo, Cádmio, Mercúrio, entre outros.	Aos estudantes que respondem parcialmente ao conhecimento químico com base no referencial científico sobre metais pesados (DUFFUS, 2002), ou seja, conseguem identificar algum metal pesado.	Aos estudantes que responderam incorretamente ao conhecimento químico com base no referencial científico sobre metais pesados ou não responderam.
4. De que maneira você ou sua família descarta os materiais que contêm metais?	Aos estudantes que respondem corretamente ao conhecimento químico com base no referencial científico sobre descarte de metais no meio ambiente (Braga et.al, 2002), ou seja, percebem a importância de fazer o descarte dos materiais de forma correta para evitar contaminação por certos metais.	Aos estudantes que respondem parcialmente ao conhecimento químico com base no referencial científico sobre descarte de metais no meio ambiente (BRAGA et.al, 2002), ou seja, reconhecem que certos materiais que contêm metais não podem ser descartados junto ao lixo comum.	Aos estudantes que responderam incorretamente ao conhecimento químico com base no referencial científico sobre descarte dos metais no meio ambiente ou não responderam.
5. Que problemas referentes ao descarte dos materiais com metais pesados potencialmente tóxicos podem ocasionar ao meio ambiente?	Aos estudantes que respondem corretamente ao conhecimento químico com base no referencial científico sobre descarte de metais pesados no meio ambiente (Braga et.al, 2002), ou seja, conseguem perceber toxicidade ao organismo e a bioacumulação na cadeia alimentar.	Aos estudantes que respondem parcialmente ao conhecimento químico com base no referencial científico sobre descarte de metais pesados no meio ambiente (Braga et.al, 2002), ou seja, conseguem perceber um dos problemas ocasionados pelos metais pesados potencialmente tóxicos ao meio ambiente,	Aos estudantes que responderam incorretamente ao conhecimento químico com base no referencial científico sobre descarte de metais pesados no meio ambiente ou não responderam.
6. O que é uma ligação metálica?	Aos estudantes que respondem corretamente ao	Dado a pergunta ser muito específica relacionada a ligação	Aos estudantes que responderam incorretamente ao

	conhecimento químico com base no referencial científico de Ferreira (2016), ou seja, compreendem que a ligação ocorre devido a atração entre os elétrons livres e os cátions dentro da estrutura cristalina dos metais.	metálica consideramos uma categoria para resposta parcialmente satisfatória.	não uma para	conhecimento químico com base no referencial científico sobre ligações metálicas ou não responderam.
--	---	--	--------------	--

Fonte: Elaborado pela autora.

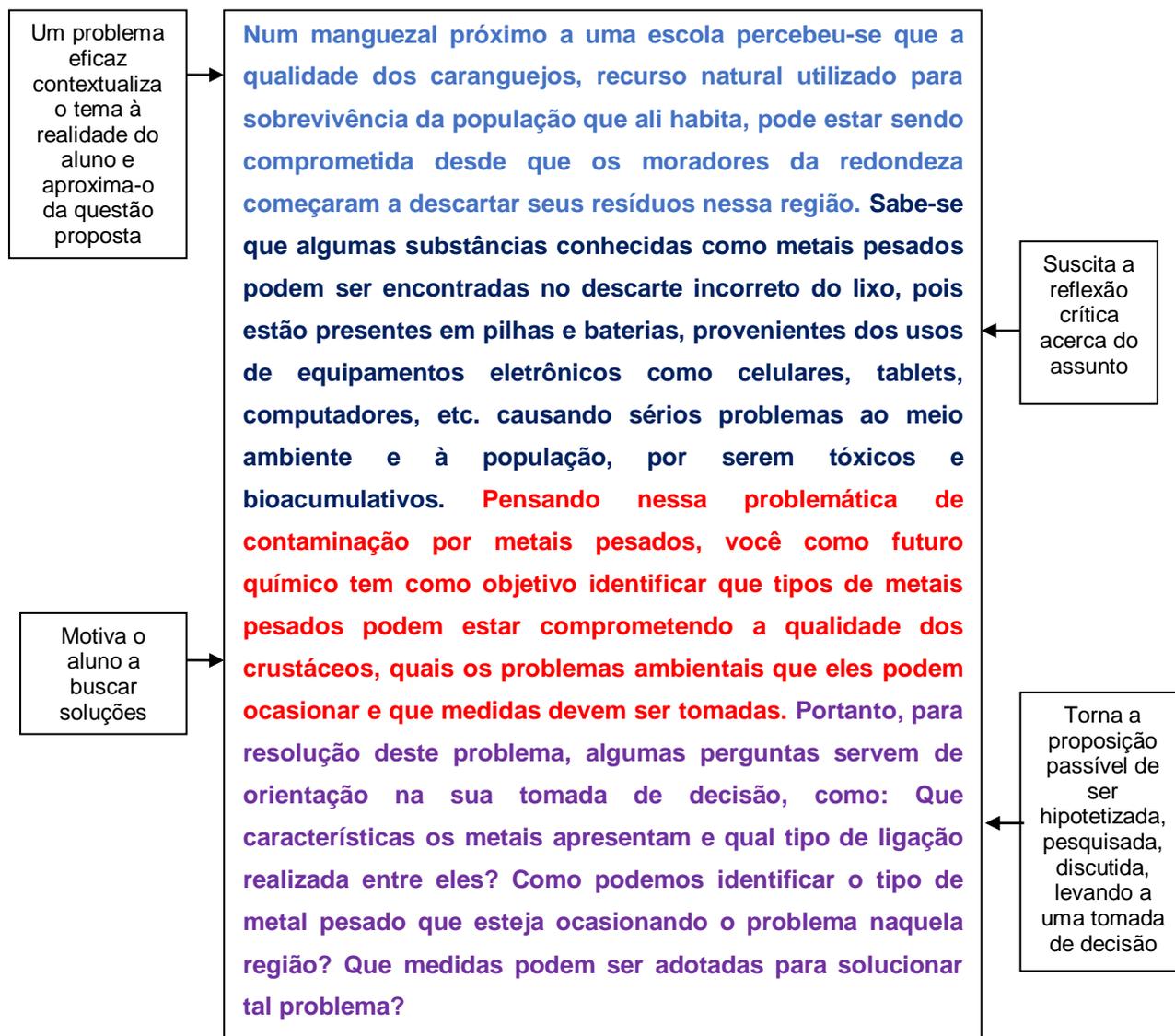
4.4 CONSTRUÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Para analisar a compreensão dos estudantes sobre a temática do descarte de metais pesados no meio ambiente articulado ao conteúdo de ligações metálicas utilizando a metodologia de Resolução de Problemas, discutiremos sobre as oito etapas que apresenta um total de 4 horas/aula, em média, que compõem a sequência didática. Elas foram pensadas e elaboradas tendo como referencial a metodologia de ensino por Resolução de Problemas e as etapas metodológicas sistematizadas por Freitas (2022). A elaboração do problema, descrito a seguir, teve como pressuposto as características de um problema eficaz estabelecidas por Ribeiro *et al.*, (2020) conforme apresentada na fundamentação teórica desta dissertação.

Etapa 1 - Elaboração do Problema Eficaz

Baseado em Ribeiro et al., (2020) foi construído o seguinte problema eficaz:

Figura 5 - Problema eficaz elaborado.



Fonte: Autora

Etapa 2 - Apresentação do problema e levantamento das hipóteses pelos estudantes

O problema foi apresentado aos estudantes, neste primeiro momento, eles tiveram tempo de 25 minutos para: realizarem uma discussão em grupo; exporem as dúvidas em relação ao texto do enunciado; elaborarem possíveis soluções (hipóteses) que em seguida foram analisadas pelo professor.

Etapa 3 - Atividade de pesquisa realizada pelos estudantes

Após o levantamento de hipóteses, no segundo momento, os estudantes realizaram uma pesquisa bibliográfica, na biblioteca da unidade escolar, direcionada pelo professor através de artigos da plataforma google scholar(<http://scolar.google.com>), envolvendo questões sobre metais e suas características, incluindo as ligações metálicas, os metais pesados e seus impactos ao meio ambiente. Depois da pesquisa, elaboraram uma síntese com as informações encontradas e apresentaram uma das estruturas cristalinas presente em alguns metais construída com palito de dente e massa de modelar.

Etapa 4 - Seleção e realização de atividades experimentais pelo professor

Foram selecionados e propostos experimentos científicos elaborados e adaptados do site Ponto Ciência (www.pontociencia.org.br) sendo realizados de forma demonstrativa, no terceiro momento, pelo professor com base nas propriedades dos metais: brilho, maleabilidade, condutividade térmica com utilização de materiais de baixo custo. Os estudantes foram questionados sobre os fenômenos observados ao longo da experimentação, no sentido de articulação entre os níveis teórico, fenomenológico e representacional do conhecimento químico sobre os metais e a ligação metálica.

No experimento foi utilizado o seguinte roteiro adaptado:

Título: Propriedades dos metais

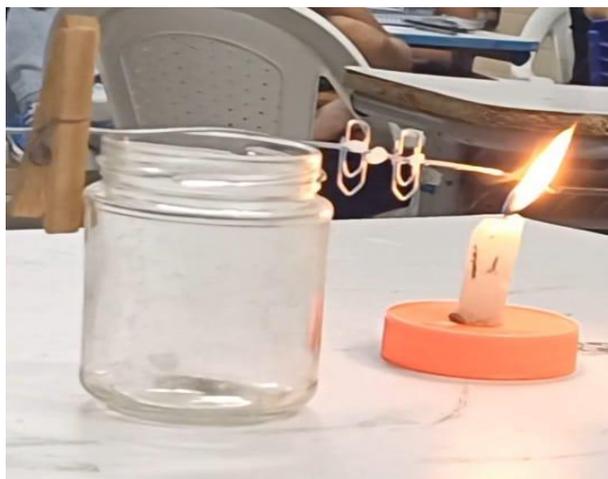
Objetivo: Demonstrar condutividade térmica, brilho e maleabilidade dos metais.

Materiais: arame galvanizado, cliques, vela, suporte, prendedor de madeira, recipiente e fósforo.

Procedimento Experimental: Inicialmente, os cliques foram fixados ao longo do arame com a parafina da vela. Em uma das extremidades do arame, o prendedor de madeira foi encaixado e ficou apoiado no recipiente, enquanto a outra extremidade do arame recebia o aquecimento da vela.

De acordo com a Figura 6, temos a demonstração do experimento:

Figura 6 - Montagem do experimento sobre condutividade térmica.



Fonte: Elaborado pela autora.

A experimentação tem um papel relevante na construção do conhecimento científico. Giordan (1999) comenta que a experimentação desperta interesse entre os alunos, que atribuem a esta um caráter motivador, lúdico e essencialmente vinculado aos sentidos. Este autor também destaca a contribuição das aulas práticas para a aprendizagem colaborativa, através da realização de experimentos em equipe e a colaboração entre as equipes. O trabalho em equipe também constitui etapa fundamental da metodologia de ensino por RP, pois potencializa as interações

e negociação de sentidos e significados dos conceitos envolvidos durante o processo de resolução.

Etapa 5 - Seleção e exibição de vídeos sobre alguns aspectos envolvendo os metais pesados

Foram selecionados e exibidos, neste quarto momento, numa sala de aula para discussão posterior, três vídeos de curta duração a partir do endereço eletrônico, @MomentoAmbiental, sobre resíduos sólidos, pilhas, lixo eletrônico, que contém metais pesados e suas consequências ao meio ambiente, e em seguida, no quinto momento, os estudantes foram convidados a um breve debate sobre as temáticas exibidas nos vídeos. A Figura 7 refere-se ao vídeo que relaciona a problemática dos resíduos sólidos e sua destinação final de acordo com a lei 12.305/2010 da Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS).

Figura 7 - Vídeo sobre o destino dos resíduos sólidos.



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=2mYSbkOXI5g>.

Na Figura 8, exibimos o vídeo que retrata os problemas ocasionados pelos metais pesados potencialmente tóxicos, devido ao descarte incorreto de pilhas e baterias no meio ambiente.

Figura 8 - Vídeo que retrata os problemas ocasionados pelo descarte incorreto de pilhas e baterias.



Fonte: <http://www.youtube.com/watch?v=S5gZRJiBBzo>.

E na Figura 9, temos o vídeo que aborda o aumento do lixo eletrônico devido ao avanço da tecnologia e a destinação correta para esse tipo de resíduos sólidos.

Figura 9 - Vídeo sobre a destinação correta do lixo eletrônico.



Fonte: <http://www.youtube.com/watch?v=YIL4QRPkZU4>.

Para Moran (1995) o vídeo auxilia nos processos de ensino e de aprendizagem pela sua dinâmica e sua linguagem que facilitam o caminho para níveis de compreensão mais complexos, mais abstratos, com menos apoio sensorial como os textos filosóficos. Podem ser utilizados em sala de aula para motivar os alunos, como vídeo aulas, como produção individual ou coletiva, para registro de

eventos, de aulas, de estudo do meio, de experiências, de entrevistas, depoimentos e avaliação.

Nesse trabalho o vídeo será utilizado como recurso didático com o objetivo de preparar os estudantes para a discussão sobre metais pesados. Eles são pertinentes como atividade para auxiliar na resolução do problema aqui proposto.

Etapa 6 - Atividade Lúdica semelhante ao “Escape Room”

Os jogos do tipo *Escape Room* são baseados em resolução de problemas de forma colaborativa e que devem ser resolvidos em um intervalo de tempo pré-estabelecido. Para Clarke *et al.*, (2017), este tipo de jogo fornece um contexto colaborativo, motivador e autêntico, pois os quebra-cabeças podem ser projetados para superar metas curriculares específicas. Dessa maneira, o seu uso, quando inserido em atividades com objetivos pedagógicos definidos, pode favorecer a uma combinação de conhecimento químico e raciocínio lógico, os quais podem ser úteis para os professores em relação ao encorajamento dos alunos no processo de aprendizagem, bem como testar suas habilidades (Peris, 2007). Estes quebra-cabeças estão inseridos em uma ‘trama’ que deve ser desvendada até encontrar a possível ‘saída’ da sala, ou seja, são jogos geralmente baseados em torno de um tema específico e tem um elemento narrativo (Whitton, 2018). Esse tipo de jogo poderá auxiliar os estudantes a alcançar seus objetivos e ultrapassar obstáculos que surgirem, desenvolvendo confiança para poder enfrentar problemas futuros.

Nesta atividade, no sexto momento, as equipes foram à procura de palavras-chave descritas no Quadro 6 e que norteiam a resolução do problema proposto na SD, mas para encontrá-las devem decifrar os enigmas, que promovem o deslocamento dos educandos para diferentes ambientes no tempo máximo de 1 minuto/enigma, que estão na forma de QR CODE, distribuídos no ambiente escolar, neste caso se fez necessário o uso do celular para a leitura da informação que irá direcionar aos enigmas que contém as palavras-chave da atividade e anotá-las, cada equipe deve retornar a sala de aula no tempo máximo de 5 minutos.

Quadro 6 - Palavras-chave referentes aos enigmas dos QR's codes distribuídos no ambiente escolar.

Enigma	Ambiente escolar	Palavra chave
Podem me encontrar no ambiente de reunião de pessoas que realizam o conselho escolar	Sala dos professores	Metálica
Estou na entrada do local que alimenta as pessoas dessa unidade escolar	Refeitório	Condutividade
Podem me encontrar no ambiente silencioso e tranquilo para boas leituras	Biblioteca	Mercúrio
Estou em um local de reunião de pais e mestres	Auditório	Brilho
Podem me encontrar no ambiente em que realizamos as atividades esportivas dessa unidade escolar	Quadra	Logística reversa

Fonte: Elaborado pela autora.

Neste momento, após encontrar as palavras chaves seguindo os QR's codes distribuídos pelo ambiente escolar, cada equipe retomou o problema proposto e de posse das informações obtidas nas etapas 3-6, os estudantes foram incentivados a responderem o problema.

Etapa 7 - Reapresentação do problema

Após a vivência das etapas (três horas-aula) da sequência didática, os estudantes, neste sétimo momento, foram convidados a retomarem o problema proposto a fim de confirmar ou não suas hipóteses iniciais e após a formulação da hipótese final, cada equipe indicou um representante para realizar a apresentação diante da turma e do professor.

Etapa 8 - Avaliação final pelo professor

Neste oitavo momento, o professor analisou as possíveis soluções fornecidas pelas equipes ao problema proposto por meio dos seguintes critérios:

I - Resposta não satisfatória: A resposta do grupo não condiz com a solução do problema em nenhum dos aspectos apontados no problema, como: identificar os tipos de metais pesados, tipo de ligação, os problemas ambientais que eles podem estar causando e que medidas devem ser tomadas.

II - Resposta parcialmente satisfatória: A resposta do grupo propõe solução ao menos em um dos aspectos apontados no problema, como: identificar os tipos de metais pesados, tipo de ligação, os problemas ambientais que eles podem estar causando e que medidas devem ser tomadas.

III - Resposta satisfatória: A resposta do grupo condiz com a solução do problema em todos os aspectos apontados no problema, como: identificar os tipos de metais pesados, tipo de ligação, os problemas ambientais que eles podem estar causando e que medidas devem ser tomadas.

Diante da problemática a ser solucionada, os estudantes foram divididos em equipes de 4 a 6 integrantes, seguindo a sequência didática proposta em oito etapas apresentados anteriormente, cada etapa de 25 minutos perfazendo um total de 4 aulas (Quadro 7).

Quadro 7 - Relação das etapas da sequência de ensino com as etapas metodológicas da Resolução de Problemas e a sequência didática proposta.

ETAPAS METODOLÓGICAS	ETAPAS DA SEQUÊNCIA DE ENSINO	SEQUÊNCIA DIDÁTICA PROPOSTA
Exploração do conhecimento prévio sobre o problema	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentação dos problemas aos alunos. - Leitura e discussão dos problemas pelos alunos, de modo que eles possam reconhecer o problema como tal. - O professor identifica e discute os conhecimentos prévios dos alunos sobre o problema. - Os alunos identificam os conteúdos e conceitos necessários para solucionar o problema. 	<p>Proposta do seguinte problema aos estudantes: Num manguezal próximo a escola, percebeu-se que a qualidade dos caranguejos, recurso natural utilizado para sobrevivência da população que ali habita, pode estar sendo comprometida desde que os moradores da redondeza começaram a descartar seus resíduos nessa região. Sabendo que algumas substâncias conhecidas como metais pesados podem ser encontradas no descarte incorreto do lixo, pois estão presentes em pilhas e baterias, provenientes dos usos de equipamentos eletrônicos como celulares, tablets, computadores...causando sérios problemas ao meio ambiente e a população, por serem reativos e bioacumulativos. Pensando nessa problemática de contaminação por metais pesados, você como investigador químico tem como objetivo identificar que tipos de metais podem estar</p>

		comprometendo a qualidade dos crustáceos, quais os problemas ambientais que eles podem ocasionar e que medidas devem ser tomadas. Portanto, para resolução desse problema, algumas perguntas servem de orientação na sua tomada de decisão, como: Que características os metais apresentam e qual tipo de ligação realizada entre eles? Como podemos identificar o tipo de metal pesado que esteja ocasionando o problema naquela região? Que medidas podem ser adotadas para solucionar tal problema?
Formulação de hipóteses	<ul style="list-style-type: none"> - Os alunos tentam explicar o problema e apresentam as reflexões e questões lhes suscitam e que eles mesmos terão que responde-las. - Os estudantes apontam possíveis respostas para a situação problemática proposta com base nos seus conhecimentos prévios. - Professor precisa assegurar que as hipóteses geradas estejam relacionadas com o objetivo de aprendizagem. 	O problema foi apresentado aos estudantes que tiveram um tempo para que eles realizassem uma discussão em grupo; expusessem as dúvidas em relação ao texto do enunciado; elaborassem possíveis soluções.
Proposição de atividades	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de recursos, atividades e estratégias relacionadas ao conteúdo/contexto do problema para auxiliar na resolução do mesmo. - O professor expõe os conteúdos inerentes ao problema (pode realizar aula expositiva dialogada). - Os alunos realizam atividades preparadas pelo professor, tais como: atividades experimentais, Textos de Divulgação Científica, modelos e analogias, vídeos, jogos, histórias em quadrinhos, Charges, Hiper mídias, Tecnologia Digitais da Informação e da Comunicação, entre outros. - Os estudantes sempre que possível devem ser organizados em grupos. 	<ul style="list-style-type: none"> - O professor realizou uma aula expositiva para uma breve explanação do conteúdo ligações metálicas e orientou os estudantes quanto a pesquisa. -Os estudantes realizaram uma pesquisa bibliográfica através de artigos no scholar google referente aos metais, incluindo as ligações metálicas, e os impactos dos metais pesados ao meio ambiente. - Foram propostos experimentos científicos elaborados pelo Ponto Ciência (www.pontociencia.org.br) e realizados no laboratório da escola, com base nas propriedades dos metais, como: condutividade térmica no sentido de articulação dos aspectos macroscópicos do conhecimento com os aspectos teóricos sobre ligação metálica. -Foram selecionados três vídeos sobre resíduos sólidos, pilhas, lixo eletrônico, que continham metais pesados e

		<p>suas consequências ao meio ambiente, e em seguida um breve debate sobre a temática.</p> <p>-Os estudantes realizaram uma atividade lúdica, à procura de palavras-chave com a finalidade de solucionar o problema, mas para encontrá-las tiveram que decifrar os enigmas, tempo máximo de 1 minuto/enigma, que estavam na forma de QR CODE, distribuídos no ambiente escolar, neste caso foi necessário o uso do celular para a leitura da informação que os direcionou aos enigmas que continham as palavras-chave da atividade e anotaram, cada equipe retornou a sala de aula no tempo máximo de 5 minutos.</p>
Autoestudo	<ul style="list-style-type: none"> - Os alunos analisam as informações obtidas na etapa anterior. - Estudantes realizam uma pesquisa individual no sentido elaborar suas próprias estratégias de resolução auxiliados pela fase anterior 	<ul style="list-style-type: none"> - Os estudantes após encontrarem as palavras chaves seguindo os QR's codes distribuídos pelo ambiente escolar, com sua equipe organizaram as palavras e retomaram ao problema proposto, considerando as informações encontradas nas outras atividades realizadas e apresentaram a sua turma seguida da avaliação do professor.
Apresentação da solução para o problema	<ul style="list-style-type: none"> - Os alunos apresentam, individualmente ou em grupo, a solução final para o problema com o qual foram confrontados inicialmente. -Análise da(s) solução(ões) encontradas. - O professor verifica a validade das respostas e discute com os alunos de acordo com critérios estabelecidos. 	<ul style="list-style-type: none"> -Após a vivência de cada uma das etapas da sequência didática, os estudantes foram convidados a retomarem o problema proposto a fim de confirmar ou não as suas hipóteses iniciais.
Avaliação e reflexão sobre a aprendizagem	<ul style="list-style-type: none"> - Professor verifica se o objetivo de aprendizagem foi alcançado. - Revisão do que foi discutido na Sequência de Ensino. -Verificam os conhecimentos desenvolvidos (conceituais, procedimentais e atitudinais) categorizado por uma tabela. - Professor e alunos avaliam todo processo de resolução do problema (feedback) conforme as respostas fornecidas através de critérios estabelecidos. 	<ul style="list-style-type: none"> -O professor analisou as possíveis soluções fornecidas pelas equipes ao problema proposto e comentou a aprendizagem que cada equipe alcançou com essa metodologia de ensino de acordo com os conhecimentos desenvolvidos.

Fonte: Elaborado pela autora.

4.5 COLETA E ANÁLISE DOS DADOS DA PESQUISA

Desde o início da aplicação da sequência didática, os estudantes são orientados a registrar suas observações em um diário de bordo. Inicialmente eles registraram suas hipóteses para a resolução do problema proposto. Em seguida, anotaram os dados da pesquisa bibliográfica. Eles também registraram suas impressões sobre o experimento demonstrativo realizado. Eles anotaram ainda suas impressões sobre os vídeos expostos.

No sexto momento da SD, que envolveu uma atividade lúdica, o professor comunicou as seguintes regras aos estudantes: as equipes organizadas com quatro a seis integrantes têm um tempo de cinco minutos na realização desta atividade, para encontrar as palavras-chave (metálica, condutividade, mercúrio, brilho, logística reversa), que norteiam a resolução do problema, mas para encontrá-las, as equipes devem decifrar os enigmas que estão na forma de QR Code, distribuídos no ambiente escolar. Neste caso se faz necessário o uso do celular para leitura da informação que irá direcionar aos enigmas que contêm as palavras-chave da atividade e anotá-las. Após a realização desse momento, o professor no sétimo momento da SD orienta que os estudantes devem retomar ao problema e solucioná-lo, mas comunica que as palavras chaves encontradas pelas equipes apenas norteiam na resolução do problema e que eles devem levar em consideração todas as informações das outras atividades realizadas para resolvê-lo.

Por fim, no oitavo momento, as equipes apresentam suas possíveis soluções ao problema proposto, enquanto o professor analisa as respostas fornecidas pelas equipes e que ao final comenta sobre a compreensão alcançada por cada equipe, os conhecimentos desenvolvidos (conceituais, procedimentais e atitudinais) no decorrer da sequência didática e estabelece critérios: resposta satisfatória (a resposta do grupo condiz com a solução do problema em todos os aspectos apontados no problema), resposta parcialmente satisfatória (a resposta do grupo propõe solução ao menos em um dos aspectos apontados no problema) e resposta não satisfatória (a resposta do grupo não condiz com a solução do problema em nenhum dos aspectos apontados no problema).

4.6 ELABORAÇÃO DA CARTILHA EDUCACIONAL

Esta cartilha educacional, direcionada aos professores da rede pública e privada, foi criada para tornar mais dinâmicas as aulas de Química diante de uma temática socioambiental articulada ao conteúdo ligação metálica, proporcionando a compreensão de conceitos, participação e engajamento dos educandos. Constam nesta cartilha as seguintes etapas: 1. Objetivo: Apresenta o propósito da elaboração da cartilha; 2. Introdução: Descreve a escolha da temática socioambiental e da metodologia de ensino por Resolução de Problemas; 3. Metodologia: Relata as etapas da sequência didática, como realização de pesquisa, experimentos, exibição de vídeos, debates, jogo lúdico, baseados nas etapas metodológicas da Resolução de Problemas; 4. Resultados: Demonstra, por meio da coleta de dados, informações para análise e interpretação da sequência didática proposta; 5. Conclusão: Finaliza a análise dos dados da sequência didática, conforme a ideia principal dessa cartilha e 6. Referências: Cita os documentos consultados para elaboração desta cartilha.

4.7 ASPECTOS ÉTICOS DA PESQUISA

Para atendimento aos aspectos éticos da pesquisa com os seres humanos, o projeto de pesquisa apresentado anterior a intervenção didática apresentou aprovação pelo Comitê de Ética da UFRPE, conforme registro, CAAE: 79169224.0.0000.9547 e atende a Resolução 466/2012 que estabelece a necessidade de que os participantes tenham conhecimento que estarão vivenciando uma investigação. Neste sentido, a referida resolução determina a necessidade de elaboração de um termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e termo de assentimento livre e esclarecido (TALE) para leitura e assinatura que será melhor descrito a seguir.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA PAIS OU RESPONSÁVEIS

Solicitamos a sua autorização para convidar o (a) seu/sua filho (a) _____

para participar da pesquisa: **O DESCARTE DE METAIS PESADOS NO MEIO AMBIENTE ARTICULADO COM O ESTUDO DA LIGAÇÃO METÁLICA POR MEIO DA METODOLOGIA DE ENSINO POR RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS.**

Esta pesquisa é de responsabilidade da pesquisadora MARCELA GOMES SOARES BARRETO, residente da Rua Bolívia, nº87 – Nossa Senhora do Ó, Paulista–PE, CEP: 53431-550, fone (81) 987256735 e e-mail marcelagsb@gmail.com. Que está sob a orientação da Profª Angela Fernandes Campos, residente da Rua Comendador Álvares de Carvalho, nº 36 - Iputinga, Recife-PE, CEP:50670-190, fone (81)987190812 e e-mail afernandescampos@gmail.com; coorientação do Profº Lucas dos Santos Fernandes, residente Rua Osmar de Sá, nº440 – Cipó, São Raimundo Nonato-PI, CEP: 64770000, fone(81)988673009 e e-mail lucas.fernandes@univasf.edu.br

O/a Senhor/a será esclarecido (a) sobre qualquer dúvida a respeito da participação dele/a na pesquisa. Apenas quando todos os esclarecimentos forem dados e o/a Senhor/a concordar que o (a) menor faça parte do estudo, pedimos que rubriche as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias.

Uma via deste termo de consentimento lhe será entregue e a outra ficará com o pesquisador responsável. O/a Senhor/a estará livre para decidir que ele/a participe ou não desta pesquisa. Caso não aceite que ele/a participe, não haverá nenhum problema, pois decidir que seu filho/a participe é um direito seu. Caso não concorde, não haverá penalização para ele/a, bem como será possível retirar o consentimento em qualquer fase da pesquisa, também sem nenhuma penalidade.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA

Descrição da pesquisa: A pesquisa tem por objetivo propor e avaliar um produto educacional constituído por uma sequência de atividades fundamentadas no ensino por resolução de problemas para abordagem das ligações metálicas voltada para estudantes do 1º ano do Ensino Médio. A coleta de dados para análise da proposta desta pesquisa consistirá das fotografias, questionários, registros escritos no diário de bordo, e as respostas inicial e final ao problema. De forma resumida a

intervenção consistirá no levantamento dos conhecimentos prévios; apresentação do problema a ser solucionado; aula expositiva dialogada; elaboração de hipóteses; planejamento, elaboração e execução de um procedimento experimental por parte dos estudantes; e por fim montarão uma apresentação de como chegaram as conclusões do problema. Os resultados da pesquisa estarão disponíveis aos participantes após a conclusão do projeto através de e-mail solicitado à pesquisadora responsável.

Esclarecimento do período de participação na pesquisa, início, término e número de visitas para a pesquisa: A pesquisa será realizada no primeiro semestre de 2024 entre os meses de junho e julho, com um total de 4 encontros de 50 min.

RISCOS diretos para o participante: Alguns materiais que serão disponibilizados para a realização das atividades não colocam em risco a saúde e a integridade do participante, pois são de uso cotidiano. Como a pesquisa fará uso de registro audiovisuais e questionários os participantes estarão sujeitos a desconfortos em relação a privacidade e a constrangimentos para responder as questões submetidas. Portanto diante do exposto serão adotadas medidas que assegurem a privacidade e confidencialidade, todas as informações coletadas serão confidenciais, os participantes não terão sua identidade divulgada, protegendo sua imagem. Nesse sentido, as informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos participantes, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a participação do estudante. Desde o primeiro momento até o final da intervenção, o participante tem total liberdade em não querer participar de qualquer momento das etapas da intervenção. O armazenamento dos dados no notebook podem apresentar o risco de serem hackeado, como solução esses dados serão tratados de forma confidencial e sigilosa sendo guardados em um HD Externo do pesquisador sem a conexão de internet. Em suma serão preservados e respeitados as dimensões: psíquica, moral, intelectual, social, cultural e física dos participantes.

BENEFÍCIOS diretos e indiretos para os participantes: O participante será beneficiado com o desenvolvimento de habilidades cognitivas relacionadas com a experimentação investigativa como criticidade e autonomia, e que possam

compreender que os conceitos estudados não são apenas conteúdos, mas que fazem parte do seu dia-a-dia, e que podem aplicá-los em situações do cotidiano. Ademais promover uma abertura de diálogo na qual permite aos participantes expressar sua opinião, proporciona a organização e estratégias para resolução de problemas e motiva-os a uma tomada de decisão. É garantido aos participantes o acesso aos resultados desta pesquisa, assim como a discussão/avaliação da metodologia aplicada. A presente pesquisa contribuirá com o ensino de química.

As informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos participantes, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa (fotos, filmagens, etc), ficarão armazenados em pastas de arquivo e computador pessoal, sob a responsabilidade da pesquisadora, no endereço acima mencionado, pelo período mínimo de 05 anos.

Nada lhe será pago e nem será cobrado para participar desta pesquisa, pois a aceitação é voluntária, mas fica também garantida a indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extra-judicial. Se houver necessidade, as despesas para a sua participação serão assumidas pelos pesquisadores (ressarcimento de transporte e alimentação).

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa – CEP/UFRPE no endereço: Rua Manoel de Medeiros, S/N Dois Irmãos – CEP: 52171-900 Telefone: (81) 3320.6638 / e-mail: cep@ufrpe.br (1º andar do Prédio Central da Reitoria da UFRPE, ao lado da Secretaria Geral dos Conselhos Superiores). Site: www.cep.ufrpe.br.

Assinatura da pesquisadora

CONSENTIMENTO DO RESPONSÁVEL PARA A PARTICIPAÇÃO

Eu, _____
_____, CPF _____, responsável por

_____, abaixo assino autorizando a sua participação na pesquisa **O DESCARTE DE METAIS PESADOS NO MEIO AMBIENTE ARTICULADO COM O ESTUDO DA LIGAÇÃO METÁLICA POR MEIO DA METODOLOGIA DE ENSINO POR RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS**. Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo pesquisador sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes da participação dele (a). Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade para mim ou para o (a) menor em questão.

Olinda – PE, ___/___/_____.

Assinatura do(a) responsável

Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite em participar.

Nome:	Nome:
Assinatura:	Assinatura:

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (PARA MENORES DE 7 a 18 ANOS)

Convidamos você, após autorização dos seus pais [ou dos responsáveis legais] para participar da pesquisa **O DESCARTE DE METAIS PESADOS NO MEIO AMBIENTE ARTICULADO COM O ESTUDO DA LIGAÇÃO METÁLICA POR MEIO DA METODOLOGIA DE ENSINO POR RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS**

Esta pesquisa é de responsabilidade da pesquisadora MARCELA GOMES SOARES BARRETO, residente da Rua Bolívia, nº87 – Nossa Senhora do Ó, Paulista–PE, CEP: 53431-550, fone (81) 987256735 e e-mail marcelagsb@gmail.com. Que está sob a orientação da Profª Angela Fernandes Campos, residente da Rua Comendador Álvares de Carvalho, nº 36 - Iputinga, Recife-PE, CEP:50670-190, fone (81)987190812 e e-mail afernandescampos@gmail.com; coorientação do Profº Lucas dos Santos Fernandes, residente Rua Osmar de Sá, nº440 – Cipó, São Raimundo Nonato-PI, CEP: 64770000, fone(81)988673009 e e-mail lucas.fernandes@univasf.edu.br

Todas as suas dúvidas podem ser esclarecidas com o responsável por esta pesquisa. Apenas quando todos os esclarecimentos forem dados e você concorde com a realização do estudo, pedimos que rubriche as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma via lhe será entregue e a outra ficará com o pesquisador responsável.

Você estará livre para decidir participar ou recusar-se. Caso não aceite participar, não haverá nenhum problema, desistir é um direito seu, bem como será possível retirar o consentimento em qualquer fase da pesquisa, também sem nenhuma penalidade.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA

Descrição da pesquisa: A pesquisa tem por objetivo propor e avaliar um produto educacional constituído por uma sequência de atividades fundamentadas no ensino por resolução de problemas para abordagem das ligações metálicas voltada para estudantes do 1º ano do Ensino Médio. A coleta de dados para análise da proposta desta pesquisa consistirá das fotografias, questionários, registros escritos no diário de bordo, e as respostas inicial e final ao problema. De forma resumida a intervenção consistirá no levantamento dos conhecimentos prévios; apresentação do problema a ser solucionado; aula expositiva dialogada; elaboração de hipóteses;

planejamento, elaboração e execução de um procedimento experimental por parte dos estudantes; e por fim montarão uma apresentação de como chegaram as conclusões do problema. Os resultados da pesquisa estarão disponíveis aos participantes após a conclusão do projeto através de e-mail solicitado à pesquisadora responsável.

Esclarecimento do período de participação na pesquisa, início, término e número de visitas para a pesquisa: A pesquisa será realizada no primeiro semestre de 2024 entre os meses de junho e julho, com um total de 4 encontros de 50 min.

RISCOS diretos para o participante: Alguns materiais que serão disponibilizados para a realização das atividades não colocam em risco a saúde e a integridade do participante, pois são de uso cotidiano. Como a pesquisa fará uso de registro audiovisuais e questionários os participantes estarão sujeitos a desconfortos em relação a privacidade e a constrangimentos para responder as questões submetidas. Portanto diante do exposto serão adotadas medidas que assegurem a privacidade e confidencialidade, todas as informações coletadas serão confidenciais, os participantes não terão sua identidade divulgada, protegendo sua imagem. Nesse sentido, as informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos participantes, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a participação do estudante. Desde o primeiro momento até o final da intervenção, o participante tem total liberdade em não querer participar de qualquer momento das etapas da intervenção. O armazenamento dos dados no notebook podem apresentar o risco de serem hackeado, como solução esses dados serão tratados de forma confidencial e sigilosa sendo guardados em um HD Externo do pesquisador sem a conexão de internet. Em suma serão preservados e respeitados as dimensões: psíquica, moral, intelectual, social, cultural e física dos participantes.

BENEFÍCIOS diretos e indiretos para os participantes: O participante será beneficiado com o desenvolvimento de habilidades cognitivas relacionadas com a experimentação investigativa como criticidade e autonomia, e que possam compreender que os conceitos estudados não são apenas conteúdos, mas que fazem parte do seu dia-a-dia, e que podem aplicá-los em situações do cotidiano.

Ademais promover uma abertura de diálogo na qual permite aos participantes expressar sua opinião, proporciona a organização e estratégias para resolução de problemas e motiva-os a uma tomada de decisão. É garantido aos participantes o acesso aos resultados desta pesquisa, assim como a discussão/avaliação da metodologia aplicada. A presente pesquisa contribuirá com o ensino de química.

As informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos participantes, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa (fotos, filmagens, etc), ficarão armazenados em pastas de arquivo e computador pessoal, sob a responsabilidade da pesquisadora, no endereço acima mencionado, pelo período mínimo de 05 anos.

Nada lhe será pago e nem será cobrado para participar desta pesquisa, pois a aceitação é voluntária, mas fica também garantida a indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extra-judicial. Se houver necessidade, as despesas para a sua participação serão assumidas pelos pesquisadores (ressarcimento de transporte e alimentação).

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa – CEP/UFRPE no endereço: Rua Manoel de Medeiros, S/N Dois Irmãos – CEP: 52171-900 Telefone: (81) 3320.6638 / e-mail: cep@ufrpe.br (1º andar do Prédio Central da Reitoria da UFRPE, ao lado da Secretaria Geral dos Conselhos Superiores). Site: www.cep.ufrpe.br.

Assinatura da pesquisadora

ASSENTIMENTO DO(DA) MENOR DE IDADE EM PARTICIPAR

Eu, _____,
CPF _____, após a leitura (ou a escuta da leitura)
deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar e ter esclarecido as
minhas dúvidas com o pesquisador responsável, concordo em participar da pesquisa
O DESCARTE DE METAIS PESADOS NO MEIO AMBIENTE ARTICULADO COM

O ESTUDO DA LIGAÇÃO METÁLICA POR MEIO DA METODOLOGIA DE ENSINO POR RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS. Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo pesquisador sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade.

Olinda – PE, ___/___/_____.

Assinatura do(a) menor

Presenciamos a solicitação de assentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite.

Nome:	Nome:
Assinatura:	Assinatura:

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e discussão dessa dissertação foram organizados em três partes referentes aos objetivos específicos. Na primeira parte apontamos os resultados obtidos após a análise das concepções prévias dos estudantes sobre o descarte de resíduos contendo metais pesados e ligação metálica.

Na segunda parte avaliamos os resultados na aplicação da sequência didática, fundamentada na metodologia de ensino por RP sobre a temática do descarte de metais pesados no meio ambiente e sua articulação com o conteúdo ligação metálica, através das soluções apresentadas pelos estudantes ao problema proposto e dos aspectos conceituais, procedimentais e atitudinais no decorrer da sequência didática.

Finalmente, na terceira parte apresentamos a cartilha contendo o produto educacional construído nessa dissertação.

5.1 ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO DE CONCEPÇÕES PRÉVIAS DOS ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO REFERENTES AOS METAIS PESADOS E SEU DESCARTE NO MEIO AMBIENTE

Após a aplicação do questionário de concepções prévias apresentado no quadro 4, analisamos as respostas dos estudantes com base nos critérios adotados no estudo de Lacerda *et al.*, (2012), a saber: Satisfatório (S); Parcialmente Satisfatório (PS) e Insatisfatório (I). Na Figura 10 a seguir, temos os estudantes respondendo ao questionário diagnose.

Figura 10 - Estudantes realizando o questionário diagnose.



Fonte: Elaborado pela autora.

O gráfico 1, referente à 1ª questão do questionário diagnose, mostra que 100% dos estudantes (30 alunos) conseguem responder a questão de forma satisfatória.

Gráfico 1 - 1ª Questão do questionário diagnose.



Fonte: Elaborado pela autora.

Eles conseguem identificar metais como ferro, cobre, chumbo, entre outros, presentes em vários materiais. A seguir são mostradas algumas respostas que evidenciam que os estudantes têm compreensão sobre vários materiais que possuem metais.

RS: “Celular, pilha, lata, panela, talheres, moeda, chaves,...”

As respostas deles sugerem que esses materiais fazem parte do seu cotidiano, logo são fundamentadas no conhecimento popular ou senso comum.

No gráfico 2, temos a análise referente a 2ª questão do questionário diagnose.

Gráfico 2 - 2ª Questão do questionário diagnose.



Fonte: Elaborado pela autora.

Na questão (2) a maior parte dos estudantes atinge o critério parcialmente satisfatório, ou seja, cita pelo menos uma propriedade dos metais, e o “brilho” é a propriedade mais encontrada entre as respostas. A menor parte dos estudantes atinge o critério insatisfatório ou não responde.

RPS: “Brilho”, “conduz eletricidade”.

RI: “Não sei”, “volume”, “pesado”...

Nesta questão, a maioria dos estudantes não conseguiu citar uma propriedade dos metais, mas alguns estudantes mencionaram o brilho e a

condutividade elétrica como propriedades dos metais, tornando a resposta parcialmente satisfatória.

É interessante comentar que apesar de na questão anterior todos os estudantes conseguirem identificar metais presentes em vários materiais do dia a dia, quando solicitados para citarem algumas propriedades nenhum estudante respondeu de forma satisfatória, pois eles necessitariam de um conhecimento químico mais elaborado, que pode ser vivenciado em sala de aula.

No gráfico 3, temos a análise referente a 3ª questão do questionário diagnose.

Gráfico 3 - 3ª Questão do questionário da diagnose.



Fonte: Elaborado pela autora.

Na questão (3) a maior parte dos estudantes atinge o critério insatisfatório com base no referencial científico sobre metais pesados ou não respondem, enquanto que a menor parte atinge o critério parcialmente satisfatório, pois consegue identificar algum metal pesado.

RPS: “ Mais denso”, “chumbo”.

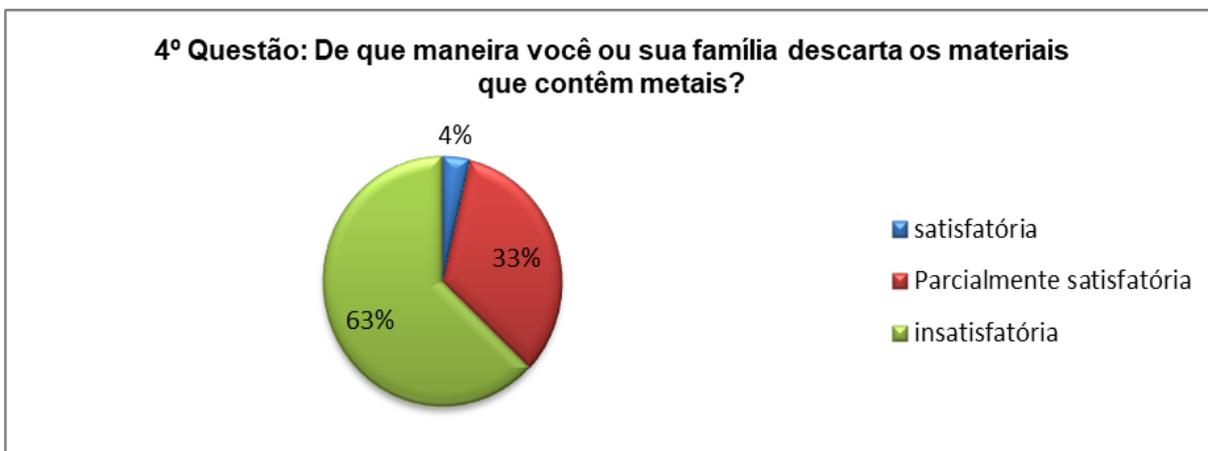
RI: “Não sei”, “carro”, “geladeira”.

Nesta questão, a maioria dos estudantes não conseguiu responder ou respondeu incorretamente à pergunta sobre metais pesados obtendo respostas

insatisfatórias, mas alguns estudantes mencionaram “mais densos” e “chumbo”, como metal pesado, em suas respostas, tornando-a parcialmente satisfatória.

No gráfico 4, temos a análise referente a 4ª questão do questionário diagnose.

Gráfico 4 - 4ª Questão do questionário da diagnose.



Fonte: Elaborado pela autora.

Nesta questão (4) a maior parte dos estudantes atinge o critério insatisfatório com base no referencial científico sobre descarte dos metais no meio ambiente, enquanto que outra parte atinge o critério parcialmente satisfatório, pois reconhece que certos materiais que contêm metais não podem ser descartados junto ao lixo comum e a menor parte atinge o critério satisfatório, porque percebe a importância de fazer o descarte dos materiais de forma correta para evitar contaminação por certos metais.

RS: “Coleta seletiva”, “Depósitos de pilhas e baterias”.

RPS: “Locais que recebem metais”.

RI: “Lixo comum”

Nesta questão, a maioria dos estudantes obteve resposta insatisfatória por responder que descartava os materiais que contêm metais, no lixo comum, porém esse tipo de material deve ser destinado a locais seletivos devido à contaminação que eles podem causar ao meio ambiente. É importante comentar que as respostas

dos estudantes reiteram a problemática social já comentada anteriormente neste estudo. De fato, essa questão precisa ser trabalhada em sala de aula, em diversos meios de divulgação científica, em espaços formais e informais de ensino, promovendo discussões sobre a poluição ambiental provocada pelo ser humano é uma realidade. No entanto, alguns estudantes apresentaram essa preocupação ambiental comentando sobre a necessidade de separar os materiais que contêm metais e conduzi-los para locais específicos. Também, alguns deles, destacaram que certos materiais compostos por metais precisam ser descartados em coletores seletivos.

No gráfico 5, temos a análise referente a 5ª questão do questionário diagnóstico.

Gráfico 5 - 5ª Questão do questionário da diagnose.



Fonte: Elaborado pela autora.

Nesta questão (5) a maioria dos estudantes atinge o critério parcialmente satisfatório com base no referencial científico sobre descarte de metais pesados no meio ambiente, ou seja, consegue perceber um dos problemas ocasionados pelos metais pesados potencialmente tóxicos ao meio ambiente, enquanto que a menor parte atinge o critério insatisfatório com base no referencial científico sobre descarte de metais pesados no meio ambiente ou não responde.

RPS: “Poluição da água, do solo”, “causar doenças”, “contaminar os animais”.

RI: “Não sei”.

Nesta questão, a maioria dos estudantes entende que o descarte incorreto desses materiais que contêm metais pode prejudicar o meio ambiente e citaram um dos problemas ambientais, como a poluição da água, do solo, obtendo dessa forma uma resposta parcialmente satisfatória, enquanto que a minoria dos estudantes obteve uma resposta insatisfatória, pois não conseguiu responder essa questão.

No gráfico 6, temos a análise referente a 6ª questão do questionário diagnose.

Gráfico 6 - 6ª Questão do questionário da diagnose.



Fonte: Elaborado pela autora.

Nesta questão (6) os estudantes atingem o critério insatisfatório com base no referencial científico sobre ligações metálicas ou não respondem.

RI: “Não sei”, “É juntar os metais”.

Nesta questão, os estudantes não conseguem responder ou respondem incorretamente, obtendo um resultado insatisfatório, pois não conseguem compreender que a “Ligação metálica está relacionada com a interação eletrostática entre cátions, originados por átomos metálicos de baixa energia de ionização e elétrons em movimento numa rede cristalina. Observa-se que por necessitarem de um conhecimento químico, teórico mais elaborado os estudantes não conseguem responder à questão.

Pelas respostas dos estudantes às seis questões anteriores pode-se comentar da importância que a SD proposta neste trabalho, discutida a seguir, é possível ter uma evolução conceitual deles, pois leva em consideração vários

aspectos colocados nas questões anteriores que mostraram que eles não souberam ou tiveram dificuldade em responder.

5.2 APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA FUNDAMENTADA NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS ENVOLVENDO O DESCARTE DE METAIS PESADOS NO MEIO AMBIENTE ARTICULADO AO CONTEÚDO LIGAÇÃO METÁLICA

A sequência didática (SD) foi proposta com base na metodologia de ensino por RP, a fim de que o ensino e a aprendizagem ocorressem pela utilização de problemas do cotidiano do aluno (Ribeiro, 2010), e que estimulasse os estudantes de forma ativa a buscar suas próprias respostas e seu próprio conhecimento (Echeverría; Pozo, 1998). Portanto, a SD proposta, apresentou algumas etapas e foi aplicada a estudantes do 1º ano do Ensino Médio, de uma escola estadual, divididos em 5 equipes de 4 a 6 integrantes.

1ª Etapa - Apresentação do problema aos estudantes e levantamento das hipóteses

A SD proposta seguiu as etapas metodológicas: exploração do conhecimento; formulação de hipóteses; proposição de atividades; autoestudo; apresentação da solução; avaliação e reflexão da aprendizagem conforme sistematizada por Freitas (2022). Na 1ª etapa, exploração do conhecimento prévio sobre o problema e formulação das hipóteses (Freitas, 2022), os estudantes diante do problema apresentado pelo professor foram estimulados a elaborarem suas hipóteses iniciais.

O problema apresentado pelo professor, conforme dito anteriormente, foi elaborado e constitui um problema eficaz (Ribeiro *et. al.*, 2020), pois contextualiza o tema à realidade do aluno e aproxima-o da questão proposta; suscita a reflexão crítica acerca do assunto; motiva o aluno a buscar soluções; torna a proposição passível de ser hipotetizada, pesquisada, discutida, levando a uma tomada de decisão, conforme texto descrito a seguir.

Num manguezal próximo a uma escola percebeu-se que a qualidade dos caranguejos, recurso natural utilizado para sobrevivência da população que ali habita, pode estar sendo comprometida desde que os moradores da redondeza começaram a descartar seus resíduos nessa região. Sabe-se que algumas substâncias conhecidas como metais pesados podem ser encontradas no descarte incorreto do lixo, pois estão presentes em pilhas e baterias, provenientes dos usos de equipamentos eletrônicos como celulares, tablets, computadores... causando sérios problemas ao meio ambiente e a população, por serem tóxicos e bioacumulativos. **Pensando nessa problemática de contaminação por metais pesados, você como futuro químico tem como objetivo identificar que tipos de metais podem estar comprometendo a qualidade dos crustáceos, quais os problemas ambientais que eles podem ocasionar e que medidas devem ser tomadas.** Portanto, para resolução desse problema, algumas perguntas servem de orientação na sua tomada de decisão, como: Que características os metais apresentam e qual tipo de ligação realizada entre eles? Como podemos identificar o tipo de metal pesado que esteja ocasionando o problema naquela região? Que medidas podem ser adotadas para solucionar tal problema?

A Figura 11 a seguir mostra os grupos dos estudantes realizando a leitura do problema entregue pelo professor:

Figura 11 - Estudantes em equipe realizando a leitura do problema.



Fonte: Elaborado pela autora.

Os estudantes realizaram a leitura do problema e neste momento da sequência didática, que devem estar motivados na busca de soluções (Fernandes; Campos, 2017), o professor identificou e discutiu os conhecimentos prévios dos educandos, ao perceber que eles identificaram no texto a poluição do manguezal ocasionada por metais contidos nas pilhas e baterias descartados de forma incorreta no meio ambiente e ao serem estimulados com perguntas sobre que tipo de metal provocava essa situação? E quais os impactos ao meio ambiente esse descarte incorreto poderia acarretar? Os estudantes produziram um diário de bordo, utilizado durante as etapas desta sequência didática, anotaram suas soluções iniciais ao problema proposto, em seguida, devolvido ao professor.

2ª Etapa - Atividade de pesquisa realizada pelos estudantes

A partir desta etapa de ensino, seguimos a proposição de atividades (Freitas, 2022), em que foram utilizadas estratégias relacionadas ao contexto do problema para auxiliar os estudantes no processo de resolução. A seguir, a Figura 12, mostra os estudantes realizando a pesquisa na biblioteca.

Figura 12 - Estudantes realizando a pesquisa na biblioteca.



Fonte: Elaborado pela autora.

Neste momento da sequência didática, os estudantes realizaram a pesquisa na biblioteca da unidade escolar, articulada ao conteúdo ligação metálica, características dos metais, ligação metálica, metais pesados e os impactos desses metais pesados potencialmente tóxicos ao meio ambiente envolvido com o contexto do problema.

É importante comentar que o estudo de Acar e Tahan (2008) mostra que a ligação metálica é de difícil compreensão pelos estudantes ao mesmo tempo que também é menos abordado em sala de aula quando comparado a ligação covalente e iônica. Então, essa etapa de pesquisa realizada pelos alunos foi importante para que eles elaborassem uma síntese das informações coletadas, discutidas em grupo e explanadas ao professor. Além disso, houve a montagem de uma das estruturas cristalinas encontradas na pesquisa, na qual eles perceberam que diferentes metais podem adotar diferentes estruturas (Ferreira *et al.*, 2016) e a escolha da estrutura se baseou na complexidade em construí-la. Portanto, os estudantes utilizaram massa de modelar e palito de dente na construção da estrutura cristalina escolhida para

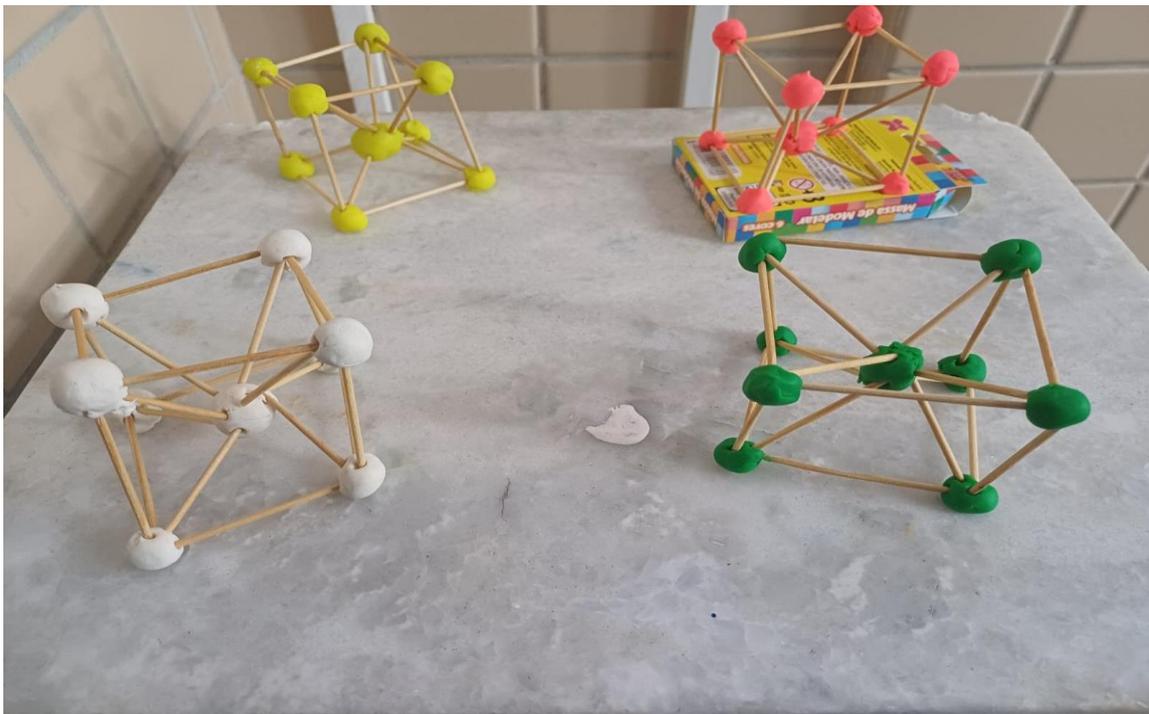
uma melhor compreensão. Na Figura 13 apresentada a seguir, temos os estudantes montando a estrutura cristalina, enquanto que a figura 14, em seguida, apresenta a estrutura cristalina cúbica de corpo centrada (CCC) construída pelos estudantes.

Figura 13 - Estudantes montando a estrutura cristalina de um metal utilizando massa de modelar e palito de dente.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 14 - Estrutura cristalina cúbica de corpo centrado (CCC) construída pelos estudantes.



Fonte: Elaborado pela autora.

A atividade de montagem das estruturas cristalinas também foi importante para que os estudantes pudessem vivenciar o aspecto submicroscópico do conhecimento químico envolvendo os metais de forma tridimensional, logo, constitui um avanço em relação a situações expositivas realizadas pelo professor usando quadro branco com desenhos de estruturas contemplando apenas um plano.

3ª Etapa - Atividade experimental proposta pelo professor.

Nesta etapa da proposição de atividades, o uso da experimentação tem um papel relevante na construção do conhecimento (Giordan, 1999), é uma atividade que desperta o interesse dos educandos e promove uma aprendizagem colaborativa. A Figura 15 mostra os estudantes participando do experimento proposto pelo professor.

Figura 15 - Estudantes participando do experimento.



Fonte: Elaborado pela autora.

Os estudantes observam e participam, neste momento da sequência didática, de um experimento proposto pelo professor sobre condutividade térmica, que acontece pela alta mobilidade dos elétrons fluindo na rede, de um lugar a outro por todo o retículo cristalino (Atkins; Jones; Laverman, 2018). Este experimento adaptado do site pontociencia.org.br, utiliza materiais de baixo custo (vela, arame galvanizado, clips, isqueiro, prendedor de madeira e recipiente), facilita na visualização e compreensão dessa propriedade dos metais pelos educandos. Durante a realização do experimento os estudantes indagaram: por que os metais têm brilho? E por que os clips soltavam do arame quando a vela é acesa? O professor comentou sobre a propriedade condutividade térmica, devido a energia cinética, proveniente do movimento dos elétrons ao longo metal, esclarecendo o fato dos clips estarem soltando, além de explicar o aspecto brilhoso dos metais, que acontece devido aos elétrons deslocalizados e que se encontram na superfície do

metal. Desta forma, o professor relembra os educandos sobre as informações encontradas por eles na etapa anterior.

4ª Etapa - Exibição de vídeos sobre diversos aspectos envolvendo metais pesados potencialmente tóxicos.

O vídeo auxilia no processo de ensino e aprendizagem pela sua dinâmica e sua linguagem que facilitam o caminho para níveis de compreensão mais complexos (MORAN, 2009). Esta etapa de exibição de vídeos, teve como objetivo motivar e auxiliar os educandos quanto ao uso de materiais que apresentam metais pesados potencialmente tóxicos e seu correto descarte. A seguir, temos na Figura 16, um número de trinta estudantes assistindo aos vídeos envolvendo metais pesados potencialmente tóxicos.

Figura 16 -Estudantes assistindo aos vídeos envolvendo metais pesados potencialmente tóxicos.



Fonte: Elaborado pela autora.

Neste momento da sequência didática, os estudantes assistiram vídeos que foram selecionados para abordar as temáticas do descarte de resíduos sólidos que refere-se a política nacional de resíduos sólidos, a mudança cultural nas cidades e o potencial eletrônico dos resíduos; lixo eletrônico trata a questão do grave problema ambiental ocasionado por esse tipo de resíduo que pode contaminar o solo e a água, além de liberar gases tóxicos na atmosfera e as possíveis soluções para esses resíduos, como a logística reversa e por fim pilhas e baterias, que aborda o descarte correto desse tipo de lixo eletrônico para evitar danos ao meio ambiente e à saúde por apresentar metais pesados em sua composição, que é significativo para esse estudo.

Portanto, as exibições desses vídeos realçaram a importância do descarte correto desses resíduos, pois podem causar diversos problemas ambientais e à saúde. Diante dessa problemática e um melhor entendimento dos educandos, os vídeos foram pausados pelo professor em alguns momentos devido às dúvidas que surgiram, como: *“Existem pilhas que ainda contém esses metais tóxicos? Para onde podemos levar esse lixo eletrônico na nossa cidade?”* Logo, essas dúvidas foram esclarecidas pelo professor.

5ª Etapa - Debate sobre o impacto causado pelos metais pesados potencialmente tóxicos

Após a exibição dos vídeos, os educandos foram convidados a participar da próxima etapa da proposição da atividade, realizada em outro dia, e que corresponde a um debate sobre o impacto causado pelos metais pesados potencialmente tóxicos. Como citado nos vídeos, os dispositivos eletrônicos contêm diversos produtos químicos, inclusive metais pesados, por exemplo, chumbo, mercúrio e cádmio, que mesmo em pequenas quantidades podem causar danos imensuráveis ao meio ambiente. Na Figura 17 apresentada a seguir, os estudantes devidamente organizados em equipes, fizeram seus resumos no diário de bordo e, em seguida, debateram sobre as temáticas relacionadas aos vídeos.

Figura 17 - Estudantes se organizam para o debate sobre as temáticas relacionadas aos vídeos.



Fonte: Elaborado pela autora.

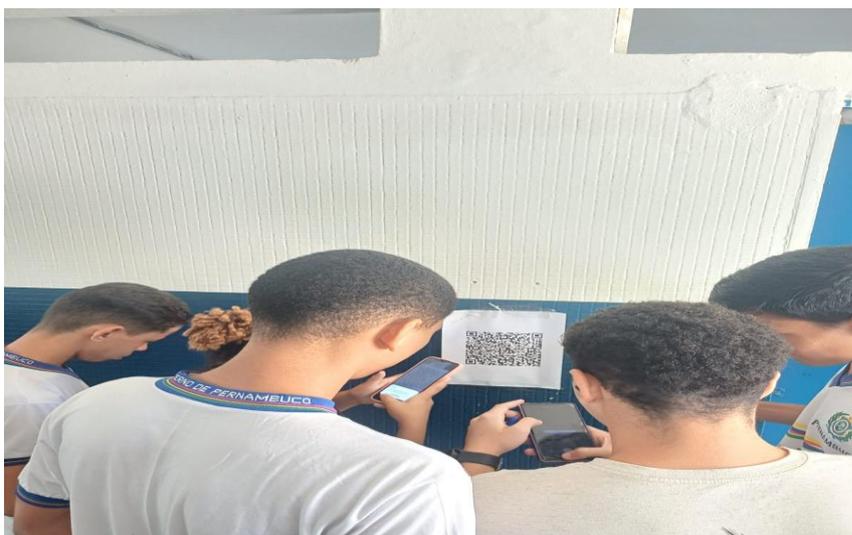
Nesse momento da sequência didática, os estudantes compreenderam que muitas organizações utilizam a logística reversa como forma de agregar valor ao seu produto e reduzir danos ao meio ambiente, pois entenderam que se pode reaproveitar e reciclar o lixo eletrônico, e mediante esse conhecimento, os educandos discutiram em grupo as temáticas exibidas nos vídeos, em seguida, se organizaram e participaram de um debate mediado pelo professor, no qual conseguiram se posicionar quanto às temáticas (descarte de resíduos sólidos, lixo eletrônico e pilhas) abordadas nos vídeos.

6ª Etapa - Atividade lúdica semelhante ao “Escape room”.

Nesta etapa da proposição de atividades, o jogo lúdico pode favorecer uma combinação de conhecimento químico e raciocínio lógico, os quais podem ser úteis para os professores em relação ao encorajamento dos alunos no processo de aprendizagem, bem como testar suas habilidades (comunicação, cooperação, raciocínio lógico) (Peris, 2007). Sob esta perspectiva, os estudantes devem

encontrar as palavras-chaves que auxiliam na resolução do problema, mas é preciso fazer uso de um dispositivo eletrônico para ter acesso ao enigma que se encontra na forma de Qr Code e decifrá-lo. Na Figura 18 apresentada a seguir, temos os estudantes desvendando o Qr Code com o uso de um dispositivo eletrônico (smartphone e tablet) e na Figura 19, os estudantes a procura das palavras-chaves após decifrar o enigma presente no Qr Code.

Figura 18 - Estudantes desvendando QR code.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 19 - Estudantes a procura das palavras-chaves.



Fonte: Elaborado pela autora.

Após a explicação sobre as regras do jogo, neste momento da sequência didática, a RP promove nos alunos o domínio de procedimentos quanto às regras estabelecidas, assim como a utilização dos conhecimentos disponíveis, como raciocínio lógico, comunicação, para dar resposta a situações variáveis e diferentes. Portanto, os estudantes munidos de um dispositivo eletrônico se articulam na sua equipe e iniciam a leitura dos Qr's codes, distribuídos na unidade escolar, e decifram os enigmas neles presentes com a finalidade de encontrar as palavras-chaves que auxiliam na resolução do problema. Durante a atividade lúdica os estudantes estavam engajados e não foi constatada nenhuma dificuldade por eles, pois conseguiram compreender as regras do jogo. Algumas equipes levaram mais tempo para decifrar os enigmas que mostravam as palavras-chaves, mas concluíram no tempo estimado do jogo que foi de 5 minutos, para cada equipe.

7ª Etapa - Reapresentação do problema

Nesta etapa da sequência didática seguimos a etapa metodológica: auto estudo, que estimula os estudantes a confrontar a solução inicial após ter vivenciado todas as etapas propostas e assim a elaboração da solução final ao problema proposto. A seguir, na Figura 20, temos os estudantes reformulando suas hipóteses iniciais.

Figura 20 - Estudantes reformulando suas hipóteses iniciais.



Fonte: Elaborado pela autora.

Neste momento da sequência didática, o aluno quando orientado pelo professor tem a função de elaborar os fundamentos teóricos correspondentes ao problema em questão, deste modo, a sequência didática proposta colabora na tomada de decisão dos estudantes que analisam as informações obtidas nas etapas anteriores registradas no diário de bordo e retomam ao problema proposto a fim de confirmarem ou não suas hipóteses iniciais.

8ª Etapa - Apresentação da solução para o problema com avaliação do professor sobre as respostas obtidas.

Nessa etapa da sequência didática seguimos as etapas metodológicas: apresentação da solução para o problema, avaliação e reflexão sobre as respostas dos estudantes, onde o professor analisa o alcance da compreensão deles através da metodologia resolução de problemas.

Na Figura 21 apresentada a seguir, um estudante representante da equipe apresenta a solução para o problema.

Figura 21 - Estudante representante da equipe apresenta a solução para o problema.



Fonte: Elaborado pela autora.

Durante este momento e todos os outros anteriores da sequência didática, o papel do professor foi de elaborar e orientar cada uma das atividades por eles vivenciadas, estimular a interação entre os alunos, socializar as perguntas que surgiram e sistematizar as propostas para resolver os problemas. O professor buscou atuar como facilitador da aprendizagem, pois proporcionou um ambiente desafiador e estimulante. Sob esta perspectiva, os estudantes se sentiram motivados a enfrentar os problemas com confiança. Assim, no tocante ao processo de resolução do problema proposto percebemos os educandos estimulados a se organizarem e indicarem um componente da equipe para apresentar a possível solução ao problema proposto. O professor analisou as respostas fornecidas por eles e por fim comentou sobre os resultados obtidos considerando os aspectos

conceituais, procedimentais e atitudinais dos conhecimentos desenvolvidos durante a sequência didática como os critérios adotados para a avaliação e coleta de dados.

5.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS QUANTO À COMPREENSÃO DOS ESTUDANTES MEDIANTE AS SOLUÇÕES APRESENTADAS AO PROBLEMA PROPOSTO

O problema eficaz elaborado neste estudo e apresentado aos educandos possibilitou que eles, organizados em equipes: analisassem o problema proposto sobre o descarte de metais pesados e os impactos que os metais potencialmente tóxicos podem causar ao meio ambiente; e anotassem suas possíveis soluções (hipóteses iniciais) antes da sequência didática; e após a SD que vivenciaram, confirmassem ou não suas soluções iniciais com mais confiança. Logo, as etapas da sequência didática proposta orientada pelas etapas metodológicas com base em Freitas (2022) favoreceram de forma relevante para a compreensão dos educandos.

No quadro 8 apresentado a seguir, temos a comparação entre as respostas fornecidas pelas equipes antes e após a vivência da sequência didática com objetivo de analisar a evolução conceitual deles em relação a temática e ao conteúdo químico.

Quadro 8. Comparação entre respostas fornecidas pelas equipes antes e após a vivência da sequência didática.

Equipes(E)	Anterior à sequência didática	Posterior à sequência didática
E1	“Esse problema é ocasionado pelos metais no meio ambiente. E algumas substâncias conhecidas como metais pesados, como o líquido dentro do termômetro (mercúrio), painéis com alumínio na sua composição e lítio, ferro, níquel, cobre que são metais presentes em pilhas e baterias estão sendo jogados no mangue. E esses metais geram fortes impactos no meio ambiente, como a poluição das águas e causa infecções aos seres humanos que entrarem em contato com essas águas ou se alimentar dos animais ali presentes. Algumas medidas	“Neste problema analisamos que os metais pesados como o mercúrio, chumbo e cádmio, são metais presentes no lixo eletrônico e que podem prejudicar a saúde das pessoas quando lançados em locais inapropriados como o mangue neste caso, pois são metais tóxicos e que podem causar diversas doenças. E a solução ideal para esse problema seria o descarte desses lixos eletrônicos em lugares de coleta, por se tratar de uma logística reversa”

	podem ser tomadas são a criação de um lugar apropriado para levar esses metais de modo que não prejudique o meio ambiente e a saúde pública.	
E2	“Na análise desse problema podemos perceber que baterias, tablets, computadores, podem causar sérios problemas no meio ambiente e a população. A solução é a reciclagem”	“Os metais que estão comprometendo a qualidade dos crustáceos são o mercúrio, cádmio, chumbo, e entre outros e esses metais quando descartados podem causar problemas, como: contaminação dos animais e incluindo os seres humanos que se alimentam dos animais contaminados. A solução é levar esses metais para um ponto de coleta utilizando a logística reversa.”
E3	“O problema apresenta metais que estão presentes aparelhos eletrônico e possui a capacidade de poluir o solo e as águas por serem metais pesados, além de contaminar os caranguejos e outros animais do mangue. Como solução deve se fazer o descarte correto dos metais, fiscalização e punição para quem lança o lixo em local inapropriado”	“Ao analisar o problema e de acordo com as informações encontradas nas atividades podemos identificar que os metais mais encontrados nos lixos eletrônicos, são chumbo, mercúrio, cádmio conhecidos como metais pesados tem alto nível de contaminação, tendo a capacidade de poluir o solo, a água e contaminar os animais o mesmo matando-os. A maneira correta de descartar os materiais é usando a logística reversa, mantendo uma fiscalização no local e multas.”
E4	“Nesse problema podemos identificar que os metais como, cobre, ferro, chumbo, podem estar comprometendo a qualidade dos crustáceos porque estão sendo jogados no mangue prejudicando o meio ambiente e a saúde dos seres humanos que se alimentam dos crustáceos.	“De acordo com as atividades realizadas, conseguimos perceber no problema que os metais podem causar prejuízos quando jogados no rio e mangue, poluindo o meio ambiente e prejudicando os seres vivos, por isso esses metais devem ser levados a um ponto de coleta”
E5	“Nessa análise do problema, podemos afirmar que os metais pesados estão poluindo o manguezal e provavelmente intoxicando os caranguejos e esses metais estão presentes em pilhas e baterias descartada pela população. E isso acaba causando doenças a quem mora perto e que comem esses animais. Então uma forma de prevenir é ensinar que jogar esses tipos de materiais nos rios, poluem e pode causar a	“No problema podemos perceber que a poluição do manguezal afetou os caranguejos e além de prejudicar os animais da região, acabou prejudicando os moradores que usavam os caranguejos como fonte de renda. Portanto, as medidas que devem ser tomadas são: ensinar aos moradores o local correto de se fazer o descarte desses materiais que contém metais pesados (mercúrio,

	morte das próprias pessoas, além disso os órgãos responsáveis pela limpeza devem sempre retirar o lixo acumulado.”	chumbo, cádmio e outros), acionar a limpeza pública e manter a preservação do local.
--	--	--

Fonte: Elaborado pela autora.

Após analisar respostas das equipes antes e após a vivência da sequência didática é possível perceber um avanço quanto à compreensão dos educandos ao problema proposto. Para melhor análise, foram estabelecidos os seguintes critérios, anteriormente descritos na metodologia e abordados novamente nesse capítulo:

I- Resposta Satisfatória (RS): A resposta do grupo condiz com a solução do problema em todos os aspectos apontados no problema, como: que ligação química está presente nos metais; tipos de metais pesados, os problemas ambientais que eles podem estar causando e que medidas devem ser tomadas.

II- Resposta Parcialmente Satisfatória (RPS): A resposta do grupo propõe solução ao menos em um dos aspectos apontados no problema, como: que ligação química está presente nos metais; tipos de metais pesados, os problemas ambientais que eles podem estar causando e que medidas devem ser tomadas.

III- Resposta Insatisfatória (RI): A resposta do grupo não condiz com a solução do problema em nenhum dos aspectos apontados no problema, como: que ligação química está presente nos metais; tipos de metais pesados, os problemas ambientais que eles podem estar causando e que medidas devem ser tomadas.

Pelo exposto e analisando as respostas dos grupos descritas no quadro 8, podemos inferir que:

Equipe 1: Apresentou antes da vivência da SD uma resposta parcialmente satisfatória, pois propõe uma solução que atinge dois aspectos apontados no problema, como: os problemas ambientais que eles podem estar causando e que medidas devem ser tomadas. É importante comentar que após a sequência didática apesar da resposta ainda ser considerada parcialmente satisfatória houve um avanço do grupo. Os estudantes identificaram os metais pesados como Chumbo, Cádmio e anteriormente tinham apenas comentado sobre algumas “substâncias conhecidas como metais pesados” fazendo um destaque apenas para o Mercúrio presente no termômetro. Além disso, eles avançaram no sentido de apontar

possíveis causas para os problemas ambientais e ações importantes a serem levadas em consideração como: “a solução ideal para esse problema seria o descarte desses lixos eletrônicos em lugares de coleta, por se tratar de uma logística reversa”. Vale ressaltar que a resposta da equipe evidenciou a logística reversa, estudada durante a exposição dos vídeos e esclarecimentos do professor, mostrando a importância das atividades construídas pelo professor no processo de resolução do problema. No entanto, a equipe não se posicionou em nenhum momento sobre que tipo de ligação está presente nos metais, ou sobre a natureza metálica. De fato, as ideias teóricas sobre ligação química necessitam de um certo nível de abstração por parte de estudantes, por isso, contribui para que eles tenham dificuldades conceituais relacionadas a ligação química, neste caso específico, a ligação metálica. Apesar dos estudantes terem vivenciado as atividades: experimentação sobre condução térmica (aspecto macroscópico do conhecimento químico); e construção da estrutura cristalina cúbica de corpo centrado, CCC (aspecto representacional do conhecimento químico), elas não aparecem como contribuição na elaboração conceitual de ligação metálica nos estudantes. A mesma situação pode ser evidenciada nas equipes 2 a 5, conforme explicitado no quadro 8.

Equipe 2: Apresentou antes da vivência da SD uma resposta parcialmente satisfatória, pois propõe uma solução que atinge um dos aspectos apontados no problema, como: as medidas que devem ser tomadas. No caso desta equipe, é importante comentar que, após a sequência didática, apesar de a resposta ainda ser considerada parcialmente satisfatória, houve avanço. Os estudantes conseguiram identificar tipos de metais pesados, como Chumbo, Mercúrio, Cádmiio, que foram estudados durante as pesquisas realizadas na biblioteca e direcionadas pelo professor, e anteriormente não citaram nenhum metal. Além disso, apontaram as possíveis causas para os problemas ambientais e ações importantes a serem levadas em consideração, como: “A solução é levar esses metais para um ponto de coleta utilizando a logística reversa”. Portanto, o grupo constatou os problemas ocasionados por esses metais pesados ao meio ambiente devido ao descarte incorreto e propôs o uso da logística reversa como solução, que foi estudado durante a exposição dos vídeos, mostrando a importância das atividades construídas pelo professor na resolução do problema. No entanto, o grupo, mesmo

citando alguns metais pesados, não se posicionou em nenhum momento sobre que tipo de ligação está presente nos metais ou sobre a natureza metálica, conforme ocorreu com a equipe 1.

Equipe 3: Apresentou antes da vivência da SD uma resposta parcialmente satisfatória, pois propõe uma solução que atinge dois aspectos apontados no problema, como: os problemas ambientais que eles podem estar causando e que medidas devem ser tomadas. Este grupo, apesar de ainda apresentar uma resposta parcialmente satisfatória, conseguiu avançar. Os estudantes identificaram tipos de metais pesados, como chumbo, mercúrio, cádmio, presentes no lixo eletrônico, onde estes metais foram estudados durante pesquisas realizadas na biblioteca direcionadas pelo professor e anteriormente, apenas comentaram que existiam metais nos aparelhos eletrônicos, mas não chegaram a mencionar. Além disso, apontaram possíveis causas para os problemas ambientais, como o descarte incorreto de materiais que apresentam estes metais pesados, podendo causar a contaminação do solo, das águas e dos animais, e propuseram ações a serem levadas em consideração, como: “A maneira correta de descartar os materiais é usando a logística reversa, mantendo uma fiscalização no local e multas”. Podemos perceber que a equipe cita a logística reversa, solução proposta durante a exposição dos vídeos e esclarecida pelo professor, mostrando a importância das atividades construídas na resolução do problema. No entanto, o grupo, não se posicionou em nenhum momento sobre que tipo de ligação está presente nos metais ou sobre a natureza metálica.

Equipe 4: Apresentou antes da vivência da SD uma resposta parcialmente satisfatória, pois propôs uma solução que atinge um dos aspectos apontados no problema, como: os problemas ambientais que eles podem estar causando. No caso deste grupo, apesar de ainda apresentar uma resposta parcialmente satisfatória, conseguiu um avanço menor que os outros grupos. Em alguns momentos das atividades propostas, o grupo se encontrava disperso e o fato causou dificuldade para elaborar a solução do problema. Os estudantes identificaram alguns metais no problema, mas não souberam destacar os metais pesados que possivelmente estariam prejudicando o meio ambiente, estudo realizado na biblioteca durante a

atividade de pesquisa direcionada pelo professor. Porém, a ideia inicial dos problemas ocasionados pelos metais tóxicos ao meio ambiente foi reforçada durante a atividade de exposição de vídeos e esclarecida pelo professor. Então, o grupo propôs uma ação que pode ser levada em consideração, como: “Esses metais devem ser levados a um ponto de coleta”, mesmo não citando o uso da logística reversa, comentaram sobre o descarte correto, mostrando a importância das atividades construídas pelo professor. Também, como os outros grupos não comentou sobre o tipo de ligação nos metais.

Equipe 5: Apresentou antes da SD uma resposta parcialmente satisfatória, pois propõe uma solução que atinge dois aspectos apontados no problema, como: os problemas ambientais que eles podem estar causando e que medidas devem ser tomadas. Os estudantes conseguiram identificar tipos de metais pesados, como chumbo, cádmio e mercúrio, e seus impactos no meio ambiente, durante a atividade de pesquisa realizada na biblioteca e direcionada pelo professor. Anteriormente, o grupo apenas percebia que, no problema, certos metais pesados que estivessem presentes nas pilhas e baterias, ao serem descartados incorretamente, prejudicavam o meio ambiente, mas não citaram esses metais. Além disso, eles apontaram possíveis causas para o problema e ações importantes a serem levadas em consideração, como: “Ensinar aos moradores o local correto de se fazer o descarte desses materiais que contêm metais pesados”. O grupo mostra uma preocupação com a preservação ambiental, após a atividade de exposição de vídeos e esclarecimentos do professor, mostrando a importância das atividades construídas pelo professor no processo de resolução do problema. O grupo não se posicionou sobre o tipo de ligação presente nos metais.

No gráfico 7 apresentado a seguir, temos a análise das respostas fornecidas pelas equipes de estudantes antes e após a sequência didática.

Gráfico 7 - Análise das respostas das equipes de estudantes antes e após a sequência didática.

Fonte: Autora

Neste gráfico 7 constatamos a evolução das equipes quanto à resolução do problema.

Ao analisar o gráfico 7, podemos afirmar que é fundamental que um problema deva favorecer a motivação do aluno na busca à(s) resposta(s) dessa situação desafiadora (Fernandes; Campos, 2017) que facilita no processo de ensino e aprendizagem. Como aspectos da resolução do problema, temos conhecimentos que fazem parte da metodologia de ensino por RP e que emergem durante o processo de resolução, a saber: conceituais, procedimentais e atitudinais (Campos; Nigro, 1999). O Quadro 9 a seguir mostra de forma sucinta a evidência dos conhecimentos durante a vivência da sequência didática.

Quadro 9 - Conhecimentos desenvolvidos durante as etapas da sequência didática.

ETAPAS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA (SD)	CONHECIMENTOS CONCEITUAIS	CONHECIMENTOS PROCEDIMENTAIS	CONHECIMENTOS ATITUDINAIS
ETAPA 1	<ul style="list-style-type: none"> - Conhecimentos prévios sobre metais pesados, ligação metálica, impacto dos metais pesados potencialmente tóxicos ao meio ambiente; -Propostas para solucionar o problema que envolve: os tipos de metais pesados presentes no lixo eletrônico, o tipo de 	<ul style="list-style-type: none"> -Interpretação do problema; -Discussão da solução; -Escrita de possíveis soluções para o problema; 	<ul style="list-style-type: none"> -Participação dos estudantes na atividade levantamento inicial de hipóteses -Interação quando formadas as equipes; -Engajamento durante a atividade quando questionados pelo professor diante do problema proposto.

	<p>ligação química, impactos que os metais pesados contidos nesse tipo de lixo podem causar ao meio ambiente e as medidas a serem tomadas;</p> <p>-Organização das ideias.</p>		
ETAPA 2	<p>-Compreensão da pesquisa realizada pelo site google scholar;</p> <p>-Correlacionar as informações encontradas na pesquisa (o que são metais e Metais pesados? Quais as Características desses metais? O que significa ligação metálica? Quais os impactos dos metais pesados potencialmente tóxicos podem ocasionar ao meio ambiente?);</p> <p>-Formulação da síntese.</p>	<p>-Realização da pesquisa utilizando a internet;</p> <p>-Anotação das informações;</p> <p>-Socialização entre os integrantes do grupo;</p> <p>-Construção da estrutura cristalina solicitada pelo professor, utilizando massa de modelar e palito de dente.</p>	<p>-Organização da equipe durante a pesquisa;</p> <p>-Participação na atividade proposta;</p> <p>-Engajamento dos estudantes.</p>
ETAPA 3	<p>-Respostas sobre as propriedades dos metais ao professor quando solicitado;</p> <p>-Explicação do experimento envolvendo a propriedade térmica dos metais, baseado nas informações obtidas na etapa anterior.</p>	<p>-Auxiliar na montagem do experimento;</p> <p>-Anotações das observações;</p> <p>-Comentários registrados no diário de bordo, durante a experimentação.</p>	<p>-.Participação na atividade;</p> <p>-Engajamento durante o experimento;</p> <p>-Observação.</p>
ETAPA 4	<p>-Explicações sobre as temáticas (resíduos sólidos, lixo eletrônico e pilhas) durante a pausa dos vídeos;</p> <p>-Respostas fornecidas aos questionamentos propostos pelo professor sobre o descarte de materiais que apresentam metais pesados em sua composição.</p>	<p>-Anotações após a exibição dos vídeos;</p> <p>-Comentários dos estudantes em relação as temáticas abordadas.</p>	<p>-Concentração na exibição dos vídeos;</p> <p>-Atenção às informações;</p> <p>-Participação na atividade.</p>
ETAPA 5	<p>-Elaboração dos argumentos para o</p>	<p>-Discussão sobre as temáticas abordadas</p>	<p>-Organização das equipes;</p>

	debate; -Explicação sobre os impactos que os metais pesados potencialmente tóxicos podem ocasionar ao meio ambiente e saúde dos seres vivos.	durante os vídeos; -Apresentação dos argumentos no debate.	-Participação na atividade; -Engajamento durante o debate.
ETAPA 6	-Compreensão do Qr's codes distribuídos na unidade escolar; -Decifrar os enigmas contidos nos Qr's codes para encontrar as palavras-chaves que norteiam a resolução do problema.	-Leitura do Qr code utilizando o celular; -Comunicação entre os integrantes da equipe; -Agilidade na procura das palavras-chaves.	-Participação na atividade; -Atenção às regras; Engajamento durante o jogo lúdico
ETAPA 7	-Reflexão sobre a hipótese inicial; -Elaboração da hipótese final após vivenciarem a sequência didática proposta.	-Releitura do problema proposto; -Discussão em grupo; -Escrita da nova solução ao problema;	-Concentração na releitura do problema; -Participação na atividade; -Comunicação entre os integrantes.
ETAPA 8	-Explicação da solução final de acordo com os aspectos apontados no problema.	-Leitura da solução final proposta por cada equipe;	-Participação na atividade;

Fonte: Elaborado pela autora.

Pode-se observar com base no Quadro 9, que articula as etapas vivenciadas na sequência didática com os conhecimentos desenvolvidos (conceituais, procedimentais e atitudinais), que houve a emergência desses aspectos durante o processo de resolução do problema conforme esperado quando busca-se implementar a metodologia de ensino por Resolução de Problemas no contexto da sala de aula.

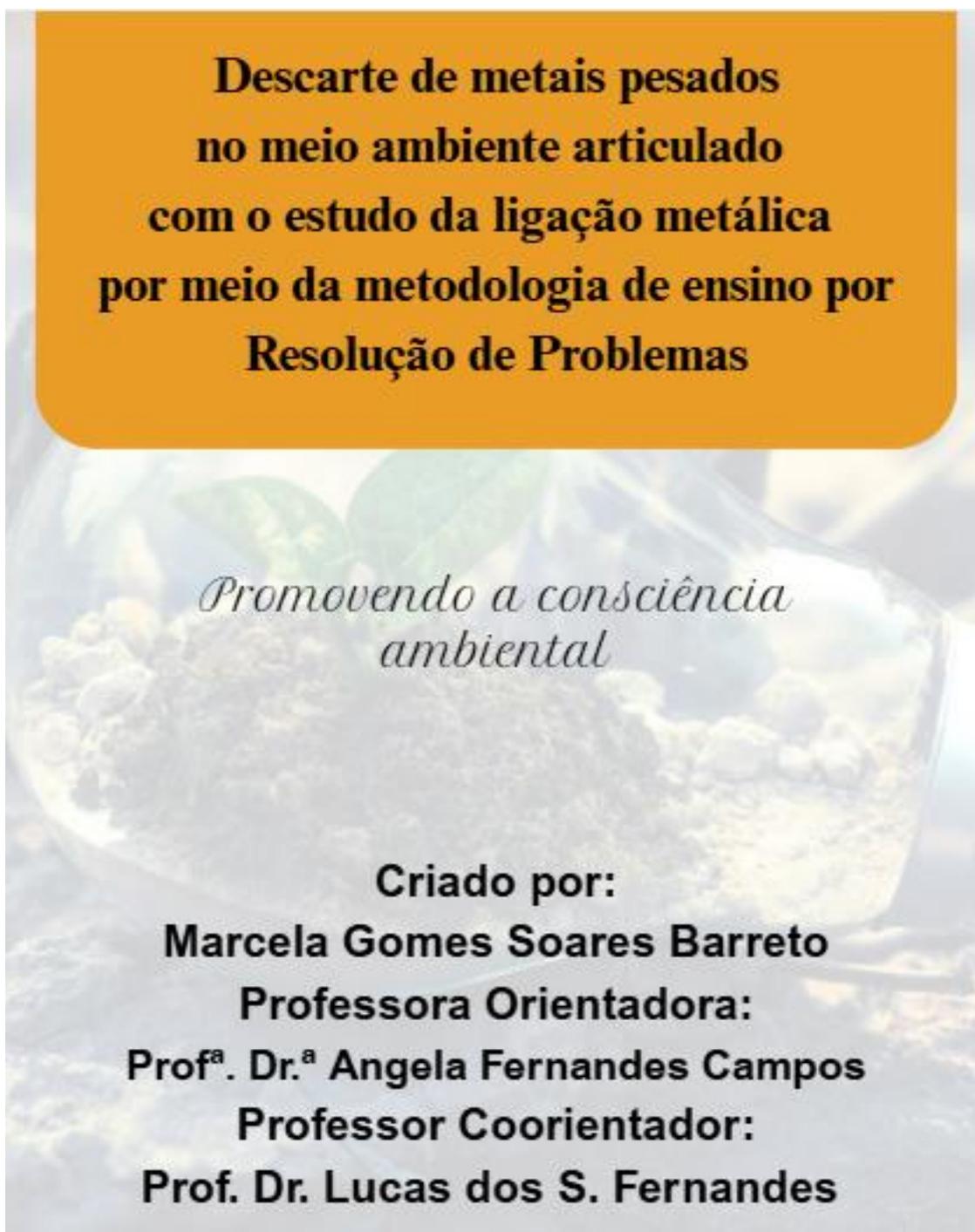
Quanto ao aspecto conceitual, os estudantes após a leitura do problema, apresentaram uma solução com base em seus conhecimentos prévios e depois da vivência da SD reformularam sua solução com relação aos tipos de metais, questões ambientais e ações para minimizar o descarte de metais pesados no meio ambiente; em relação ao aspecto procedimental, os educandos realizaram observações, analisaram dados, formularam hipóteses, sistematizaram respostas ao problema, realizaram atividade experimental, leitura, pesquisa, construção de estruturas cristalinas; no aspecto atitudinal, valorizaram as relações interpessoais, como a

troca de ideias, cooperação na equipe, criatividade conforme apontam Batinga e Teixeira (2014) como imprescindíveis na vivência da metodologia de ensino por RP.

6 CARTILHA EDUCACIONAL

A cartilha elaborada é baseada na metodologia de ensino por RP, que visa contribuir para o ensino de química mediante uma problemática ambiental e tem como público-alvo professores da rede pública e privada. É um produto educacional criado a partir da dissertação: Descarte de metais pesados no meio ambiente, articulado com o estudo da ligação metálica por meio da metodologia de ensino por Resolução de Problemas. A figura 21 mostra o produto educacional em formato de cartilha contendo: capa, introdução, etapas da sequência didática, análise da sequência didática, conclusão e referências básicas. Após sua aprovação será disponibilizada na plataforma EduCapes do Ministério da Educação – MEC, sendo de fácil acesso a todos os professores da educação básica do nosso país.

Figura 22- Apresentação da cartilha educacional



Esta cartilha, que tem como público-alvo professores de química da rede pública e privada, visa contribuir na aprendizagem dos educandos de forma dinâmica, utilizando a metodologia Resolução de Problemas a partir de uma sequência didática proposta ao analisar a compreensão dos estudantes diante do descarte de resíduos contendo metais pesados no meio ambiente articulado ao estudo da "ligação metálica".

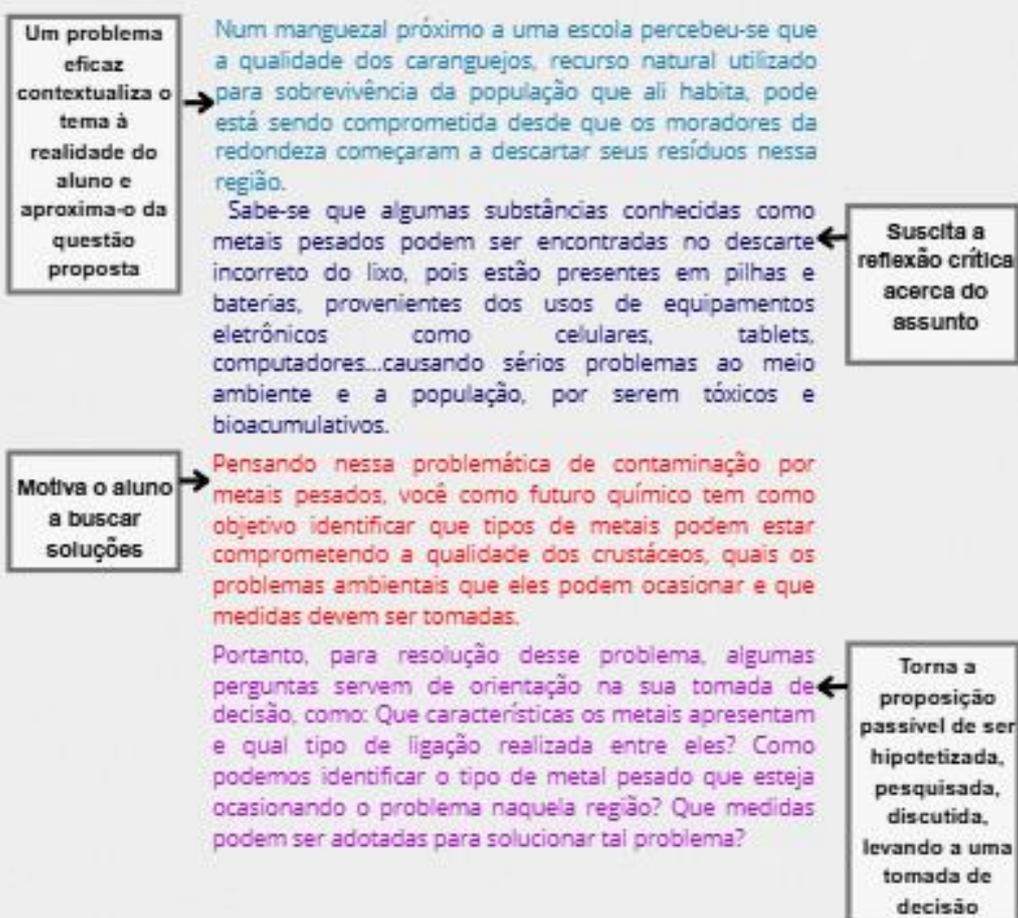


Justificativa

Esta cartilha foi desenvolvida para auxiliar no ensino de conceitos químicos, como as ligações metálicas, de forma clara e aplicada. O conteúdo é voltado para alunos do 1º ano do Ensino Médio, que muitas vezes têm dificuldade em entender temas abstratos da química. Para tornar o aprendizado mais significativo, utilizamos a metodologia por Resolução de Problemas, pois se refere a uma abordagem que possibilita o envolvimento dos estudantes ativamente no processo do aprendizado, porque promove o desenvolvimento de habilidades de raciocínio, comunicação e cooperação. E neste caso, foi proposto o seguinte problema socioambiental: o descarte de metais pesados no meio ambiente para articular ao conteúdo de ligações metálicas. Assim, foi elaborada uma sequência didática com base nas etapas metodológicas da Resolução de Problemas e constituída por oito etapas como estratégia para o ensino de ligações metálicas, partindo de um problema "escolar aberto" de natureza interventiva, seguida do levantamento das hipóteses dos estudantes quanto ao problema proposto, realização de atividades de pesquisa pelos estudantes, realização de experimentos observados pelos estudantes, exibição de vídeos sobre diversos aspectos envolvendo os metais pesados, atividade lúdica semelhante ao "escape room", rerepresentação do problema e análise do professor. Portanto, esta cartilha promove participação, interação e engajamento dos estudantes e desenvolvimento de seus conhecimentos (atitudinal, procedimental e conceitual) ao longo do processo.

PROBLEMA PROPOSTO

A seguir, baseado em Ribeiro et al (2020), é proposto o seguinte problema:



ETAPAS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA



ETAPA I. Realização da leitura do problema baseado nas características a seguir:

- 1-Contextualiza o tema à realidade do aluno.
- 2-Promove a reflexão crítica acerca do assunto.
- 3-Motiva o aluno a buscar soluções.
- 4-Torna a proposição passível de ser pesquisada, discutida e levada a uma tomada de decisão.

Em seguida, discussão em grupo e elaboração das possíveis soluções (hipóteses) ao problema proposto, anotados num diário de bordo e, em seguida, analisados pelo professor.



ETAPA II. Realização de pesquisa pelos estudantes, direcionada pelo professor, através de artigos do Google Scholar, referentes a ligações metálicas e suas estruturas cristalinas, características dos metais, metais pesados e seus impactos ao meio ambiente, que facilitam a busca pela solução do problema. Após a pesquisa, elaboração de uma síntese com as informações encontradas e anotadas no diário de bordo e, em seguida, construção de uma estrutura cristalina metálica utilizando palito de dente e massa de modelar.



ETAPA III. Realização de experimentos pelo professor, utilizando materiais de baixo custo (vela, cliques, arame galvanizado, suporte e prendedor de madeira) a fim de, demonstrar a condutividade térmica, maleabilidade e brilho dos metais.



ETAPA IV. Exposição de vídeos, com duração de 5 a 7 minutos, que apresentam as seguintes temáticas: resíduos sólidos, pilhas e lixo eletrônico, que envolvem aspectos sobre metais pesados e seus impactos ao meio ambiente, do canal Momento Ambiental (www.youtube.com/@MomentoAmbiental).



ETAPA V. Participação dos estudantes no debate mediado pelo professor, sobre as temáticas exibidas nos vídeos da etapa IV.



ETAPA VI. Realização de uma atividade lúdica semelhante ao "escape room", onde os estudantes, organizados em equipes, saem à procura de palavras-chave que norteiam a resolução do problema, mas para encontrá-las devem decifrar os enigmas, os quais estão na forma de QR codes distribuídos no ambiente escolar. Neste caso, se faz necessário o uso do celular para leitura da informação que irá direcionar aos enigmas que contêm as palavras-chave da atividade e anotá-las. Cada equipe deve retornar à sala de aula no tempo máximo de 5 minutos.



ETAPA VII. Reapresentação do problema, onde os estudantes retornam ao problema proposto e, de posse das informações obtidas nas etapas III a VI da sequência didática, confirmam ou não suas hipóteses iniciais e, após a formulação da hipótese final, indicam um representante da equipe para apresentação expositiva da solução diante do professor e da turma.



ETAPA VIII. Avaliação do professor, que analisa as possíveis soluções fornecidas pelos estudantes quanto ao problema proposto e avalia através de critérios, como: resposta não satisfatória, resposta parcialmente satisfatória e resposta satisfatória, as soluções e comenta o desenvolvimento dos estudantes durante essa sequência didática.

PROCESSO DA COLETA DE DADOS

A avaliação acontece de forma contínua, ou seja, durante a realização de todas as atividades propostas da sequência didática (SD).

No primeira e segunda etapas da SD, que consistem no levantamento de hipóteses iniciais pelos estudantes ao problema proposto e na pesquisa, através de artigos do Google Scholar, sobre os metais e suas propriedades, incluindo as ligações metálicas e suas estruturas cristalinas e os metais pesados e seus impactos ao meio ambiente, direcionadas pelo professor, que solicita aos estudantes um diário de bordo com suas hipóteses iniciais, a síntese relacionando as informações encontradas na pesquisa, e outras anotações de etapas posteriores e, em seguida, realizam a montagem de uma das estruturas cristalinas: cúbica de face centrada (CFC); cúbica de corpo centrado (CCC) e hexagonal compacta (HC) utilizando palitos de dente, massa de modelar, fornecidos pelo professor, que verifica se as estruturas construídas estão corretas.



Durante a realização do terceiro etapa da SD, em que os estudantes participam do experimento proposto pelo professor, utilizando materiais de baixo custo e o seguindo o roteiro: Título: Propriedades dos metais.

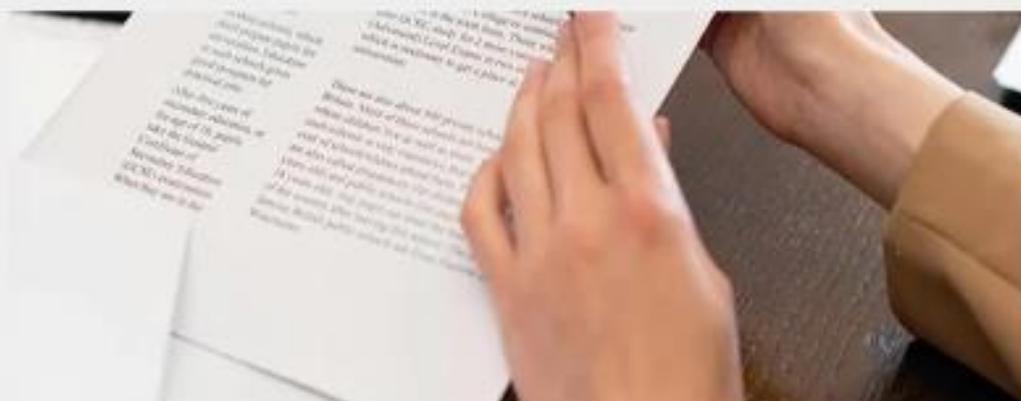
Objetivo: Demonstrar condutividade térmica, brilho e maleabilidade dos metais.

Materiais: arame galvanizado, cliques, vela, suporte, prendedor de madeira, recipiente e fósforo.

Procedimento Experimental: Inicialmente, os cliques foram fixados ao longo do arame com a parafina da vela. Em uma das extremidades do arame, o prendedor de madeira foi encaixado e ficou apoiado no recipiente, enquanto a outra extremidade do arame recebia o aquecimento da vela.

Durante o experimento, o professor solicita aos estudantes que anotem suas observações no diário de bordo e questiona-os sobre as propriedades dos metais, lembrando-os das informações encontradas no momento anterior

Na realização da quarta etapa da SD, na qual os estudantes assistem aos vídeos, com duração de 5 a 7 minutos, e que apresentam as seguintes temáticas: resíduos sólidos, lixo eletrônico e pilhas, produzido pelo canal Momento Ambiental (www.youtube.com/@MomentoAmbiental), o professor faz uma pausa entre os vídeos, esclarece possíveis dúvidas e realiza perguntas referentes ao conteúdo que está sendo exibido aos educandos, os quais expõem seus comentários. Após a exibição dos vídeos, na quinta etapa da SD, os estudantes anotam as informações fornecidas no diário de bordo e participam de um debate mediado pelo professor, envolvendo as temáticas relacionadas aos vídeos.



Na sexta etapa da SD, que envolve uma atividade lúdica, o professor comunica as seguintes regras aos estudantes: As equipes organizadas com quatro a seis integrantes tem um tempo de cinco minutos na realização desta atividade, para encontrar as palavras chave(metálica, condutividade, mercúrio, brilho, logística reversa), que norteiam a resolução do problema, mas para encontrá-las, as equipes devem decifrar os enigmas que estão na forma de QR Code, distribuídos no ambiente escolar. Neste caso se faz necessário o uso do celular para leitura da informação que irá direcionar aos enigmas, que contêm as palavras chave da atividade e anotá-las. Após a realização dessa etapa, o professor na sétima etapa da SD, orienta que os estudantes devem retomar ao problema e solucioná-lo, mas comunica que as palavras chaves encontradas pelas equipes apenas norteiam na resolução do problema e que eles devem levar em consideração todas as informações das outras atividades realizadas para resolvê-lo.



Por fim, na oitava etapa da SD, as equipes apresentam suas possíveis soluções ao problema proposto, enquanto o professor analisa as respostas fornecidas pelas equipes e que ao final comenta sobre a compreensão alcançada por cada equipe nessa metodologia de ensino, os conhecimentos desenvolvidos (conceituais, procedimentais e atitudinais) no decorrer da sequência didática e estabelece critérios: resposta satisfatória (a resposta do grupo condiz com a solução do problema em todos os aspectos apontados no problema), resposta parcialmente satisfatória (a resposta do grupo propõe solução ao menos em um dos aspectos apontados no problema) e resposta não satisfatória (a resposta do grupo não condiz com a solução do problema em nenhum dos aspectos apontados no problema), para análise da resposta fornecida pelas equipes ao problema.

ANÁLISE DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA



Esta sequência didática(SD) contou com a participação de 30 estudantes, que se organizaram em grupos de 6 participantes, formando 5 grupos. Cada etapa dessa SD foi realizada no tempo de 25 minutos, perfazendo um número de 4 horas/aula ao total. No entanto, esse quantitativo de aulas pode variar de 4 a 8 horas/aula conforme o número de participantes e engajamento da turma.

Após analisar respostas das equipes antes e após a vivência da sequência didática, foi possível perceber um avanço quanto à compreensão dos educandos ao problema proposto, conforme o gráfico a seguir:



Nenhuma das equipes obteve uma resposta satisfatória, pois não contemplaram todos os aspectos apontados no problema, mas houve um avanço das equipes nas respostas parcialmente satisfatória como demonstrado no gráfico.



Conclusão

Portanto, conclui-se que as etapas da sequência didática (leitura do problema e hipótese inicial, pesquisa, experimento, exibição de vídeos, debate, jogo lúdico, elaboração de hipótese final e análise do professor) orientadas pelas etapas metodológicas contribuíram de forma significativa na evolução dos estudantes, sendo avaliados pelo professor conforme o desenvolvimento de seus conhecimentos (atitudinal, procedimental, conceitual), quanto à resolução do problema articulado ao estudo da ligação metálica na formulação da hipótese final dos educandos, que por fim, se encontraram dessa forma direcionados para uma tomada de decisão consciente e reflexão da importância de seu papel como cidadão.

REFERÊNCIAS

ATKINS, P. W.; JONES, L. Princípios de Química. Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

BAIRD, C. Química ambiental. Trad. M.A.L. Recio e L.C.M. Carrera. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BRASIL. Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <http://planalto.gov.br>.

CAMPOS, A. F.; BATINGA, V. T. S. . Experiências de pesquisa sobre resolução de problemas no ensino das ciências: contextos de investigações. 1ª. ed. Recife: EDUPE, 2022. v. 1. 185p.

CLARKE, S.; PEEL, D. J.; ARNAB, S.; MORINI, L.; KEEGAN, H.; e WOOD, O. 'escapED: a framework for creating educational escape rooms and Interactive Games for Higher/ Further Education'. International Journal of Serious Games, v. 4, n. 3, p. 73-86, 2017.

ECHVERRÍA, M.D.P.P.; POZO, J.I.: Aprender a resolver problemas e resolver problemas para aprender. In: POZO, J.I.; A solução de problemas. Porto Alegre: Artmed. p. 13-42, 1998.

FERNANDES, L. S.; CAMPOS, A. F. Tendências de pesquisa sobre a resolução de problemas em Química. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, v. 16, n. 3, p. 458-482, 2017.

FREITAS, A. P. RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS NO ENSINO DE QUÍMICA: Reflexões sobre a Divulgação Científica e a Formação Continuada de Professores. 2022. Tese (Doutorado em Ensino das Ciências) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2022.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. Química Nova na Escola, v.10, p.43-49,

MORAN, J.M. Videos são instrumentos de comunicação e de produção. Entrevista ao jornal do Professor. 2009. Disponível em:http://www.eca.uso.br/prof/moran/site/textos/tecnologias_educacao/videos.pdf.

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. Revista Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências. v.22, e24006, p. 1-21, 2020.

WEBSITE RPEQ. Resolução de Problemas no Ensino de Química. Departamento de Química. UFRPE: Recife, 2017. Disponível em: <http://www.rpeq.ufrpe.br/>.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização deste estudo nos permitiu alcançar o objetivo geral desta pesquisa que foi de avaliar a aplicação de uma sequência didática pautada na Resolução de Problemas sobre aspectos da temática descarte de metais pesados no meio ambiente articulada ao conteúdo de ligação metálica com estudantes do Ensino Médio.

Os resultados obtidos na diagnose dos conhecimentos prévios dos estudantes em relação aos metais, suas propriedades, impactos ao meio ambiente reiteraram a pertinência do problema proposto na sequência didática tendo em vista que os estudantes responderam de forma satisfatória a maioria das perguntas. As outras questões envolvendo a temática descarte de metais pesados foram respondidas de forma parcial e as demais relacionadas com os conceitos dos metais e como se dá sua ligação foram respondidas de maneira insatisfatória. Vale ressaltar que a maioria dos estudantes teve dificuldade em citar que tipo de ligação estava presente nos metais, pois não tiveram aula sobre esse objeto de conhecimento.

Após a aplicação da sequência didática (elaboração de hipóteses iniciais sobre o problema proposto, pesquisa, construção de estruturas cristalinas, atividade experimental, exibição de vídeos, debate, jogo lúdico), orientada pelas etapas metodológicas da RP, observou-se que a intervenção contribuiu de forma significativa na evolução dos estudantes, que demonstraram participação ativa, engajamento nas atividades, cooperação, respeito entre os colegas e com o professor, quanto à resolução do problema. Pois, na formulação da hipótese final, os educandos, se encontraram direcionados para uma tomada de decisão consciente diante da problemática do descarte de metais pesados no meio ambiente, citaram tipos de metais pesados e refletiram sobre a importância de seu papel como cidadão. A sequência didática também contribuiu para que os conhecimentos desenvolvidos (conceituais, procedimentais e atitudinais) emergissem durante o processo de resolução do problema.

Com a finalidade de contribuir nas aulas de química dos professores da rede pública ou privada, uma cartilha foi elaborada baseada na metodologia de ensino por RP proposta presente neste trabalho e que pode promover o ensino de Química de maneira mais dinâmica, contextualizada e significativa para os estudantes.

REFERÊNCIAS

- ACAR, B.; TARHAN, L. Effects of cooperative learning on students' understanding of metallic bonding. **Research in Science Education**, v. 38, p. 401-420. 2008.
- ATKINS, P. W.; JONES, L.; LAVERMAN, L. **Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente**. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2018.
- BAIRD, C. **Química Ambiental**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.
- BATINGA, V. T. S.; TEIXEIRA, F. M. A Abordagem de resolução de problemas por uma professora de Química: análise de um problema sobre a combustão do álcool envolvendo o conteúdo de estequiometria. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência & Tecnologia**, v. 7, n. 1, p. 24-52, 2014.
- BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação Qualitativa em Educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto: Porto Editora, 1994.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente **Resolução nº 401**, de quatro de fevereiro de 2008. Estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado, e dá outras providências. Brasília, DF: MMA, 2008.
- CACHAPUZ, A. Epistemologia e ensino das ciências no pós-mudança conceptual: análise de um percurso de pesquisa. *In*: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC) – SP, Valinhos: 1999. **Atas...** Valinhos: ENPEC, 1999.
- CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.; JORGE, M. **Ciência, Educação em Ciência e Ensino das Ciências**. Lisboa: Ministério da Educação, 2002.
- CAMPOS, A. F.; BATINGA, V. T. S. **Experiências de pesquisa sobre resolução de problemas no ensino das ciências: contextos de investigações**. Recife: EDUPE, 2022. v. 1. 185p.
- CAMPOS, M. C. C.; NIGRO, R. G. **Didática de Ciências: o ensino-aprendizagem como investigação**. São Paulo: FTD, 1999.
- CAMPOS, A. F.; FREITAS, A. P. Construção e Avaliação de um Website para Divulgação Científica de Pesquisas sobre Resolução de Problemas no Ensino de Química. **Revista Tecnologias na Educação**, v. 25, p. 1-14, 2018.
- CLARKE, S.; PEEL, D. J.; ARNAB, S.; MORINI, L.; KEEGAN, H.; e WOOD, O. EscapED: a framework for creating educational escape rooms and Interactive games for higher/ further education'. **International Journal of Serious Games**, v. 4, n. 3, p. 73-86, 2017.
- COLL, R. K.; TREAGUST, D. F. Learners' mental models of metallic bonding: a cross-age study. **Science Education**, v. 87, p. 685-707, 2003.

DE POSADA, J. M. Conceptions of High School Students Concerning the internal Structure of Metals and Their Electric Conduction: Structure and Evolution. **Science Education**, v. 84, n. 4, p. 445-467. 1997.

ECHEVERRÍA, M. P. P.; POZO, J. I. Aprender a resolver problemas e resolver problemas para aprender. *In*: POZO, J. I. (Org.). **A Solução de Problemas: Aprender a resolver, resolver para aprender**. Porto Alegre: Artmed, 1998. p. 13-42.

FERNANDES, L. S.; CAMPOS, A. F. Pesquisas em periódicos nacionais e internacionais sobre o ensino e aprendizagem de ligação química. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 12, n 2, p. 153-172, 2012.

FERNANDES, L. S.; CAMPOS, A. F. Tendências de pesquisa sobre a resolução de problemas em Química. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 16, n. 3, p. 458-482, 2017.

FERREIRA, I. M.; FERNANDES, L. S.; CAMPOS, A. F. Abordagem de ligação metálica numa perspectiva de ensino por situação-problema. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v.9, n.2, p.93-107, 2016.

FREITAS, A. P. **Percepções de Professores de Química do Nível Médio acerca do Ensino por Resolução de Problemas por meio da Divulgação Científica de pesquisas desenvolvidas nesta direção**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2017.

FREITAS, A. P. **Resolução de Problemas no Ensino De Química: reflexões sobre a divulgação científica e a formação continuada de professores**. 2022. Tese (Doutorado em Ensino das Ciências) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2022.

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

LACERDA, C. C.; CAMPOS, A. F.; MARCELINO JR, C. A. C. Abordagem dos conceitos mistura, substância simples, substância composta e elemento químico numa perspectiva de ensino por situação-problema. **Química Nova na Escola**, v. 34, n. 2, p. 75-82, 2012.

LESTER, F. K. Trends and issues in Mathematical Problem-Solving research. *In*: LESH, R.; LANDAU, M. (Orgs.). **Acquisition of mathematics concepts and processes**. New York: Academic Press, 1983. p. 229-261.

LIMA, V. F.; MERÇON, F. Metais Pesados no Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, v. 33, n. 4, p. 199-205, 2011.

LOPES, J. B. **Resolução de Problemas em Física e Química: Modelo para estratégias de ensino-aprendizagem**. Lisboa: Texto Editora, 1994.

MEIRIEU, P. **Aprender... Sim, mas como?** 7 ed. Porto Alegre: Artmed, 1998.

MORAN, J. M. O vídeo na sala de aula. **Comunicação e Educação**, v. 2, p. 27-35, 1995.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H.; 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.

PAULETTI, F.; ROSA, M. P. A.; CATELLI, F. A importância da utilização de estratégias de ensino envolvendo os três níveis de representação da Química. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v.7, n. 3, p. 121-134, 2014.

PERIS, M. A disciplined chemical puzzle. **Journal of Chemical Education**, v. 84, n. 4, p. 609, 2007.

POZO, J. I. Introdução. *In*: POZO, J. I. (Org.). **A Solução de Problemas**: Aprender a resolver, resolver para aprender. Porto Alegre: Artmed, 1998. p. 9-11.

POZO, J. I.; CRESPO, M. Á. G. A solução de problemas nas Ciências da Natureza. *In*: POZO, J. I. (Org.). **A Solução de Problemas**: Aprender a resolver, resolver para aprender. Porto Alegre: Artmed, 1998. p. 67-102.

PUJARI, M.; KAPOOR, D. Heavy Metals in the Ecosystem: sources and their effect. *In*: KUMAR, V.; SHARMA, A.; CERDÀ, A. (Orgs.). **Heavy Metals in the Environment**: impact, assessment, and remediation. Elsevier: Chennai, 2021.

RIBEIRO, L. R. C. **Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL)**: uma experiência no Ensino Superior. São Carlos: EdUFSCar, 2010.

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**. v. 22, p. 1-21, 2020.

SANTOS, R. **Joias**: Fundamentos, processos e técnicas. São Paulo: Senac, 2019.

TEIXEIRA, P. M. M.; Megid Neto, J. Uma proposta de tipologia para pesquisas de natureza interventiva. **Ciência & Educação**, v. 23, n. 4, p. 1055-1076, 2017.

TOMA, H. E. **Química Bioinorgânica e Ambiental**. São Paulo: Blucher, 2015.

WEBSITE RPEQ. **Resolução de Problemas no Ensino de Química**. Departamento de Química. UFRPE: Recife, 2017. Acesso em: 19/06/2025. Disponível em: <http://www.rpeq.ufrpe.br/>.

WHITTON, N. Playful learning: tools, techniques, and tactics. **Research in Learning Technology**, v. 26, p.1-12, 2018.

ZORODDU, M. A.; AASETH, J.; CRISPONI, G.; MEDICI, S.; PEANA, M.; NURCHI, V. M. The essential metals for humans: a brief overview. **Journal of Inorganic Biochemistry**, v. 195, p. 120-129, 2019.