

**LUCIANA CHAVES FRANÇA**

**ABORDAGEM DE CONCEITOS DE QUÍMICA AMBIENTAL POR MEIO DOS  
RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS DE TELEFONES CELULARES: UMA  
SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DA QUÍMICA**

**VIÇOSA – MINAS GERAIS  
2024**

**LUCIANA CHAVES FRANÇA**

**ABORDAGEM DE CONCEITOS DE QUÍMICA AMBIENTAL POR MEIO DOS  
RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS DE TELEFONES CELULARES: UMA  
SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DA QUÍMICA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Química em Rede Nacional – ProfQui, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Roberto Bellato

**VIÇOSA – MINAS GERAIS  
2024**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da  
Universidade Federal de Viçosa - Campus**

T

F814a  
2024

França, Luciana Chaves, 1981-  
Abordagem de conceitos de Química Ambiental por meio de  
resíduos eletroeletrônicos de telefones celulares: uma sequência  
didática para o ensino da Química / Luciana Chaves França. - Viçosa,  
MG, 2024.  
Inclui apêndice.  
Orientador: Carlos Roberto Bellato  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,  
Departamento de Química, 2024.  
Referências bibliográficas: .  
DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2024.604>  
Modo de acesso: World Wide Web.

1. Química (Ensino médio); 2. Lixo eletrônico -  
Reaproveitamento; 3. Telefone celular; 4. Educação ambiental; I.  
Bellato, Carlos Roberto II. Universidade Federal de Viçosa..  
Departamento de Química. Programa de Pós-Graduação em Química  
em Rede Nacional III. Título

CDD 22. ed. 540.7


**LUCIANA CHAVES FRANÇA**

**ABORDAGEM DE CONCEITOS DE QUÍMICA AMBIENTAL POR MEIO DOS  
RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS DE TELEFONES CELULARES: UMA  
SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DA QUÍMICA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Química em Rede Nacional – ProfQui, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.


APROVADA: 03/07/2024

Assentimento:

Documento assinado digitalmente  
 LUCIANA CHAVES FRANÇA  
Data: 27/09/2024 17:26:04-0300  
Verifique em <https://validar.itb.gov.br>

---

Luciana Chaves França  
Autora

Documento assinado digitalmente  
 CARLOS ROBERTO BELLATO  
Data: 27/09/2024 18:17:50-0300  
Verifique em <https://validar.itb.gov.br>

---

Carlos Roberto Bellato  
Orientador

Dedico este trabalho ao meu filho Kaíque França Rossi Silva, cuja presença em minha vida é uma fonte constante de inspiração. Que estas páginas sirvam não apenas como um registro do meu esforço acadêmico, mas também como um lembrete para ele de que as conquistas mais significativas são alcançadas através de perseverança e dedicação. Que ele compreenda que, nesta jornada chamada vida, é nas batalhas e nos sacrifícios que encontramos o verdadeiro valor das nossas realizações. Que ele sempre saiba que o estudo é um caminho nobre e que dignifica o ser humano. Que este trabalho seja um testemunho do meu amor por ele e da importância que atribuo à educação e ao conhecimento.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha profunda gratidão primeiramente a Deus, por sua presença constante em minha vida e por nunca soltar minhas mãos ao longo desta jornada de pesquisa. Pela sua graça e misericórdia, que me fortaleceram em todos os momentos.

Agradeço de todo coração à minha mãe, minha fortaleza, cuja sabedoria, amor, carinho e dedicação incondicionais foram minha luz durante toda esta trajetória. Mesmo preocupada com os perigos das longas viagens por estradas perigosas, ela esteve ao meu lado, apoiando-me com sua presença constante e seu amor inabalável.

Ao meu querido pai, que agora reside em nossos corações, mas cujo amor e inspiração transcendem a própria vida. Tenho plena certeza de que, de onde estiver, ele está imensamente orgulhoso das minhas conquistas. Seu legado de amor, sabedoria e determinação continuará a me inspirar todos os dias. Obrigado, meu amado pai, por tudo que você foi e sempre será para mim.

A minha tia Edna Chaves, *in memoriam*, era uma pessoa especial, querida e muito inteligente. Tenho certeza de que ela ficaria orgulhosa. Saudades eternas.

Ao Fábio, que desde o início se preocupou com as longas viagens e os caminhos perigosos que enfrentei nesta jornada. Meu anjo na terra, sempre me protegendo e cuidando de mim com amor e dedicação inabaláveis. Além de ser meu grande amor, Fábio é meu parceiro querido, meu amigo e companheiro cujo apoio e presença tornaram esta jornada muito mais significativa e reconfortante. Sou imensamente grata por tê-lo ao meu lado.

Ao meu filho amado, Kaíque, cujo amor e compreensão nunca vacilaram, mesmo diante da minha ausência. Sua capacidade de compreender e apoiar minhas escolhas, mesmo quando estas significavam estar longe, é uma fonte constante de inspiração para mim. Seu orgulho pelo que faço é um tesouro inestimável que guardo em meu coração. Escrevo estas palavras com lágrimas nos olhos, pois você, meu filho, é minha vida, minha maior bênção. Obrigado por ser quem você é.

Ao meu querido irmão Carlos pelo apoio ao longo desta jornada. À minha querida irmã Aline, agradeço por sua convicção e pelo incentivo incansável à busca pelo conhecimento. Suas palavras e exemplo me inspiram a dedicar-me cada vez mais à arte de estudar e aprimorar minhas habilidades profissionais com amor e dedicação.

Ao meu cunhado Thiago, que, durante minhas ausências, gentilmente levou meu filho à escola. Não consigo encontrar palavras que expressem adequadamente a imensa

gratidão que sinto por seu gesto genuíno e pelo apoio fornecido à minha família. Sua generosidade e bondade são verdadeiramente admiráveis. À minha afilhada Laís, que tanto amo, espero poder sempre incentivá-la a buscar o conhecimento, pois sei que o estudo é uma virtude que a acompanhará ao longo da vida. Que ela possa encontrar inspiração em seu próprio caminho de aprendizado.

Ao meu querido sogro Didi pelo apoio e incentivo que me proporcionou durante o ano de 2022, quando iniciei meu curso de mestrado. Apesar de ter sofrido um grave acidente de carro e ficado imobilizado em uma cama por um período significativo, ele ainda encontrou forças para compartilhar palavras de sabedoria comigo. Durante nossas conversas, enfatizou a importância do estudo e do aperfeiçoamento na vida de um profissional. Essa troca de experiências foi marcante para mim, e jamais esquecerei o impacto que teve em minha jornada acadêmica e profissional. Sinto-me imensamente grata por tê-lo em minha vida.

Aos familiares e amigos, aqueles que verdadeiramente torceram por mim, me ajudaram, apoiaram e incentivaram ao longo desta jornada. Ao meu amigo Leonardo Ferreira pela ajuda, apoio e incentivo. Agradeço também aos meus colegas de curso, com quem compartilhei momentos incríveis e inesquecíveis. A gratidão que sinto por vocês é eterna, pelo carinho, proteção e parceria durante todo o nosso percurso acadêmico. Nossos almoços, nossas conversas agradáveis e nossas viagens noturnas por estradas perigosas entre BH/Viçosa e Viçosa/BH, serão lembrados com carinho. Juntos, enfrentamos desafios e celebramos conquistas, e por isso, cada um de vocês tem um lugar especial em meu coração.

Aos meus alunos, cuja colaboração foi essencial na seleção do tema, durante um momento de aula agradável e descontraído. Agradeço pelo apoio e pela inspiração que me proporcionaram.

Ao meu orientador, Carlos Bellato, pela parceria, paciência e ensinamentos ao longo deste trajeto de pesquisa. Sua orientação e apoio foram fundamentais para meu crescimento como pesquisadora, e sou grata pela oportunidade de aprender com sua sabedoria e experiência. Também gostaria de agradecer aos coordenadores do curso, cujo trabalho árduo e dedicação tornaram possível a realização deste programa.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), uma instituição conhecida e respeitada. Ter tido a oportunidade de estudar nesta renomada instituição foi um sonho realizado para mim. Sou grata pela qualidade do ensino, pelos recursos disponíveis e pelo ambiente acadêmico estimulante que encontrei durante meu tempo na UFV. Obrigado por

proporcionarem um ambiente tão propício ao aprendizado e ao crescimento pessoal e profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), Código de Financiamento 001, cujo apoio foi fundamental para sua realização. Suas contribuições são imensuráveis e dignas de reconhecimento.

À banca examinadora, expresso minha gratidão pelo interesse demonstrado e pela disponibilidade.

Por fim, expresso minha profunda gratidão a todos que estiveram comigo nesta etapa da minha vida e contribuíram de maneira única para meu crescimento e sucesso. Agradeço pelo apoio, amor, orientação e amizade. Sem vocês, nada disso seria possível. Que nossos laços permaneçam fortes e que possamos continuar compartilhando momentos de alegria e realização. Muito obrigada por tudo.



“O mundo é um lugar perigoso de se viver, não por causa daqueles que fazem o mal, mas sim por causa daqueles que observam e deixam o mal acontecer” (Albert Einstein).

“Ninguém educa ninguém, ninguém educa a si mesmo, os homens se educam entre si, mediatizados pelo mundo” (Paulo Freire).

## RESUMO

FRANÇA, Luciana Chaves, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2024.  
**Abordagens de conceitos de Química Ambiental por meio de resíduos eletroeletrônicos de celulares: uma sequência didática para o ensino de Química.**  
Orientador: Carlos Roberto Bellato.

A dissertação trata do problema do lixo eletrônico e do consumo insustentável de dispositivos eletrônicos, com foco nos telefones celulares. Destaca a crescente relevância da educação ambiental e sugere que o ensino de Química pode desempenhar um papel crucial nessa área. Este trabalho tem como ênfase de temática a abordagem dos conceitos de química ambiental, especialmente relacionados aos resíduos eletroeletrônicos de telefones celulares, o que sinalizou para a justificativa da relevância da pesquisa, bem como, subsidiou a produção de conhecimento. Assim, no presente trabalho de pesquisa foi desenvolvido uma sequência didática que trabalha os processos químicos que ocorrem com resíduos eletrônicos de telefones celulares no meio ambiente. Esta sequência didática contém parte teórica e experimental, sendo destinada para ser utilizada por professores de ensino de Química no Ensino Médio, na área de Ciências da Natureza e foco no componente curricular de Química. A produção de conhecimento envolvida pelo emprego desta sequência didática durante as aulas de química proporcionará para os estudantes conceitos de química ambiental, principalmente relacionados aos resíduos eletroeletrônicos de telefones celulares. A sequência didática foi elaborada com atividades distribuídas em três momentos pedagógicos distintos. O primeiro momento foi denominado de problematização inicial constituída de duas aulas, onde os estudantes expressam suas opiniões, questionamentos e apresentam contribuições sobre a problematização. Nestas aulas os alunos irão também assistir a vídeos e realizar a análise de uma determinada charge. O objetivo deste primeiro momento é despertar o interesse e promover uma reflexão inicial sobre o tema. O segundo momento foi elaborado para ser realizado por um período de 10 aulas. Neste momento o emprego do material pedagógico desenvolvido neste projeto irá proporcionar o conhecimento sobre o tema e sua organização por meio de aulas expositivas, pesquisas, leitura de artigos, atividades práticas e experimentos. O terceiro momento pedagógico é constituído por 2 aulas, onde irá se trabalhar e aplicar o conhecimento já adquirido. Neste momento serão realizadas duas atividades: (1) Incentivar uma reflexão crítica do aluno sobre o descarte de celulares e seus impactos ambientais, mantendo o foco na problemática central e (2) Trabalhar com o aluno palavras cruzadas e questões do ENEM. Todas as atividades têm como finalidade desenvolver habilidades de comunicação, argumentação e aprofundamento no tema estudado. Portanto, a sequência didática desenvolvida nesta dissertação de pesquisa tem como objetivo fornecer retorno construtivo aos estudantes e promover o desenvolvimento de competências transversais. Dessa forma, o emprego do material desenvolvido em sala de aula irá proporcionar uma melhora significativa na dinâmica do ensino de química, tornando o aprendizado do aluno mais eficaz e produtivo.

Palavras-chave: Sequência didática; Momentos pedagógicos; Lixo Eletroeletrônico; Química ambiental

## ABSTRACT

FRANÇA, Luciana Chaves, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March 2024. **Approaches to Environmental Chemistry concepts using electro-electronic waste from cell phones: a didactic sequence for teaching Chemistry.** Advisor: Carlos Roberto Bellato.

The dissertation deals with the problem of electronic waste and the unsustainable consumption of electronic devices, with a focus on cell phones. It highlights the growing relevance of environmental education and suggests that chemistry teaching can play a crucial role in this area. The emphasis of this work is on addressing environmental chemistry concepts, especially those related to electro-electronic waste from cell phones, which signaled the justification for the relevance of the research, as well as subsidizing the production of knowledge. Thus, this research project developed a didactic sequence that works on the chemical processes that occur with electronic waste from cell phones in the environment. This didactic sequence contains theoretical and experimental parts and is intended to be used by high school chemistry teachers in the area of natural sciences, focusing on the chemistry curriculum component. The production of knowledge involved in the use of this didactic sequence during chemistry lessons will provide students with concepts of environmental chemistry, mainly related to electro-electronic waste from cell phones. The didactic sequence was designed with activities divided into three distinct pedagogical moments. The first moment was called initial problematization, which consisted of two lessons in which the students expressed their opinions, asked questions and made contributions. In these classes, students will also watch videos and analyze a particular cartoon. The aim of this first stage is to arouse interest and promote initial reflection on the topic. The second stage is designed to take place over a period of 10 lessons. At this point, the use of the teaching material developed in this project will provide knowledge about the topic and its organization through lectures, research, reading articles, practical activities and experiments. The third pedagogical moment consists of 2 lessons, where the knowledge already acquired will be worked on and applied. Two activities will be carried out at this point: (1) Encouraging students to think critically about the disposal of cell phones and their environmental impact, while focusing on the central problem and (2) Working with students on crossword puzzles and ENEM questions. The aim of all the activities is to develop communication skills, argumentation and a deeper understanding of the topic studied. Therefore, the didactic sequence developed in this research dissertation aims to provide constructive feedback to students and promote the development of transversal skills. In this way, the use of the material developed in the classroom will provide a significant improvement in the dynamics of chemistry teaching, making student learning more effective and productive.

Keywords: Didactic sequence; Teaching moments; Electrical and electronic waste; Chemistry

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AEP Atividade Experimental Problematizada  
BNCC Base Nacional Comum Curricular  
CAPES Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior  
CF Constituição Federal  
CTSA Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente  
ENEM Exame Nacional do Ensino Médio  
GEE Gases Efeito Estufa  
GESP *Global e-waste statistics partnership*  
IBRAM Instituto Brasileiro de Mineração  
IFES Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo  
IQ/UFRJ Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro  
LDB Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional  
ONU Organização das Nações Unidas  
PPP Projetos Políticos Pedagógicos  
PNRS Política Nacional de Resíduos Sólidos  
ProfQui Programa de Pós-Graduação em Química em Rede Nacional  
REEE Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos  
SD Sequência didática  
SLU Superintendência de Limpeza Urbana  
UEL Universidade Estadual de Londrina  
UESB Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
UESC Universidade Estadual de Santa Cruz  
UFAL Universidade Federal de Alagoas  
UFF Universidade Federal Fluminense  
UFMS Universidade Federal do Mato Grosso do Sul  
UFPR Universidade Federal do Paraná  
UFRGS Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
UFRN Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
UFRPE Universidade Federal Rural de Pernambuco  
UFRRJ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
UFTM Universidade Federal do Triângulo Mineiro  
UFTPR Universidade Federal Tecnológica do Paraná  
UFV Universidade Federal de Viçosa  
UNESP Universidade Estadual Paulista  
USP Universidade de São Paulo

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVAS .....	12
2 OBJETIVOS .....	17
2.1 Objetivo Geral .....	17
2.2 Objetivos Específicos .....	17
3 REFERENCIAL TEÓRICO .....	18
3.1 Estado do conhecimento sobre a questão: o que dizem os estudos? .....	18
3.2 Os resíduos eletrônicos, a Química Ambiental, Ensino de Química e Sequências Didáticas .....	24
3.3 Resíduos Eletrônicos: Desafios, impactos e soluções .....	28
3.4 Mineração Urbana: Recuperação de recursos em dispositivos eletrônicos .....	33
3.5 Integrando os princípios Freireanos nos Três Momentos Pedagógicos de Demétrio Delizoicov: Uma abordagem transformadora na educação .....	35
4 METODOLOGIA .....	39
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	53
6 REFERÊNCIAS .....	56
APÊNDICE: PRODUTO EDUCACIONAL .....	64

## 1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVAS

A educação ambiental tem se tornado cada vez mais significativa nos dias atuais, e o ensino de Química pode ser um importante aliado nessa temática. Nesse sentido, a abordagem de conceitos de química ambiental por meio de resíduos eletroeletrônicos de telefones celulares pode ser um tema relevante e atual para ser abordado no ensino de química, uma vez que envolve conceitos químicos e questões ambientais, além de se apresentar como um potencial didático relevante e que desperte o interesse dos estudantes.

A presente dissertação trata de um tema socioambiental grave, urgente e relevante: o lixo eletrônico e o consumo insustentável de aparelhos eletrônicos, especialmente os telefones celulares. Uma grande parte da população mundial utiliza o celular diariamente, estimulada e incentivada pelos meios de comunicação, a substituírem, em média, anualmente esses aparelhos por outros mais novos e de última geração, sendo, portanto, uma prática de consumo insustentável piorando cada vez mais o problema do lixo eletrônico.

A crescente dependência dos dispositivos eletrônicos em nossas vidas cotidianas tornou-se cada vez mais evidente. Em particular, os telefones celulares tornaram-se um elemento indispensável em nossas vidas, sendo utilizados para uma ampla gama de atividades, desde chamadas telefônicas até navegação na internet, jogos e redes sociais. No entanto, o uso excessivo e o consumo insustentável desses dispositivos eletrônicos estão gerando grandes quantidades de lixo eletrônico, incluindo resíduos de telefones celulares.

De acordo com o relatório *Global E-waste Statistics Partnership* (GESp) da ONU, o Brasil é o quinto maior gerador de resíduos eletrônicos em todo o mundo e o principal da América Latina, eliminando aproximadamente 2,1 mil toneladas de lixo eletrônico anualmente. Em contrapartida, nosso país apenas recicla 3% dessa quantidade. O descarte inadequado dos componentes de aparelhos eletrônicos inclusive de telefones celulares expõe o solo, o ar e corpos de água à contaminação por polímeros, materiais cerâmicos e principalmente por metais pesados como cádmio, chumbo, mercúrio, manganês, cobre, níquel, lítio, crômio e zinco causando riscos ao meio ambiente e à saúde humana (PUGLIESE, 2020). Esses metais são considerados perigosos para os seres humanos, pois podem acumular-se no meio ambiente e manifestar sua toxicidade por meio da alta reatividade e bioacumulação (LIMA, 2011).

No entanto, esses resíduos eletrônicos também contêm metais valiosos que podem ser recuperados e reutilizados, reduzindo a necessidade de mineração e a exploração de

novos recursos naturais. A recuperação de metais valiosos presentes nos resíduos eletrônicos, incluindo telefones celulares, é um tema de crescente interesse e importância, uma vez que a demanda por esses materiais continua a crescer em todo o mundo.

A recuperação de metais de resíduos eletroeletrônicos de telefones celulares não é uma tarefa fácil. Existem muitos desafios a serem enfrentados, incluindo a complexidade da tecnologia, a variação na composição dos resíduos e a necessidade de técnicas de reciclagem inovadoras e sustentáveis. Porém, a solução desses desafios é crucial para a construção de uma economia circular e sustentável, na qual os materiais são mantidos em uso e o impacto ambiental é reduzido.

Traçado este breve panorama indicioso sobre a problema, o projeto tem como objetivo propor uma sequência didática para o ensino de Química no Ensino Médio sobre a abordagem de conceitos de química ambiental por meio de resíduos eletroeletrônicos de telefones celulares. Nesse sentido, cabe destacar alguns elementos que caracterizam as sequências didáticas.

Cabe primeiro fazer uma inserção geral sobre as sequências didáticas, em razão dela se configurar, segundo Berbel (2011), em uma estratégia ativa de ensino, o que encaminha para a caracterização de uma proposta que entende o professor como um mediador dos conhecimentos, os alunos como o centro do processo de ensino e a as relações empreendidas são de diálogo e correlação com o cotidiano. Nesse sentido, Dolz Noverraz e Schneuwly (2004, p. 96) caracterizam como “um conjunto de atividades escolares organizadas, de maneira sistemática, em torno de um gênero textual oral ou escrito”. No complemento, os mesmos autores sinalizam que a sequência didática lega

[...] o aluno a dominar melhor um gênero de texto, permitindo-lhe, assim, escrever ou falar de uma maneira mais adequada numa dada situação de comunicação. O trabalho escolar será realizado, evidentemente, sobre gêneros que o aluno não domina ou a faz de maneira insuficiente; sobre aqueles dificilmente acessíveis, espontaneamente, pela maioria dos alunos e sobre gêneros públicos e não privados [...]. (Dolz; Noverraz; Schneuwly, 2004, p. 97).

Cumpramos ressaltar que a sequência didática cumprirá o itinerário de competências e habilidades da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e que também estará alinhada aos pressupostos da Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), em razão da temática ambiental que é sensível e urgente, valorizando uma proposta dialógica e reflexiva proposta por Freire (1996). Destarte, o projeto que objetiva propor uma sequência didática para o ensino de Química no Ensino Médio sobre a análise de metais

obtidos a partir de resíduos eletrônicos, tem esse e os demais objetivos contemplados com uma metodologia adequada e que se justifica em termos de relevância e de referencial levantado.

Em termos de justificativas, a dissertação se balizará pelo entendimento da formação das justificativas na pesquisa qualitativa de Ludke e André (1986), enfocando 4 pontos legitimadores da investigação, a saber: a profissional, a pessoal, a social e a científica. O primeiro se refere ao impacto da formação no mestrado na prática como educadora. O segundo retrata as implicações pessoais na realização do projeto, por isso, quando narrado tais elementos, será usada a primeira pessoa do singular. O terceiro trata do impacto social do projeto e do tema na sociedade, marcando o compromisso com uma educação pública e de qualidade socialmente referenciada. E, por fim, a científica, já foi indicada nas seções anteriores de Revisão de Literatura, indicando as produções existentes e os pontos de contato entre eles e o projeto.

Atualmente, alguns trabalhos científicos têm alertado para a relação dos resíduos eletroeletrônicos e os telefones celulares no ensino de Química. Nesse sentido, desenvolver uma pesquisa direcionada aos resíduos eletroeletrônicos de telefones celulares para o ensino de Química se torna relevante, uma vez que os aparelhos eletrônicos possuem componentes que podem ser prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente, se descartados de maneira inadequada. Além disso, o estudo dos metais presentes nesses dispositivos pode contribuir para a compreensão dos seus usos e propriedades, estimulando a curiosidade e o interesse dos alunos pela disciplina.

Desse modo, a abordagem desses temas em sala de aula pode proporcionar uma aprendizagem mais significativa, pois os estudantes podem relacionar a teoria com a prática, compreendendo como a Química está presente no nosso cotidiano e como podemos contribuir para a preservação do meio ambiente por meio de nossas escolhas e refletirem sobre seus próprios hábitos de consumo e explorar possibilidades de carreira em áreas relacionadas à sustentabilidade e tecnologia.

O ensino de Química é uma das áreas mais desafiadoras e fascinantes para quem tem a paixão por compartilhar conhecimento e aprendizado. Como professora de Química, sinto-me realizada quando vejo meus alunos motivados e interessados em aprender sobre a ciência por trás dos fenômenos naturais e dos produtos do nosso dia a dia. Em uma atividade, durante uma aula do componente curricular Ciências da Natureza e suas Tecnologias, trabalhamos um pouco sobre o tema voltado para o uso de telefones celulares e Química ambiental.



Essa aula foi especial por despertar o interesse dos estudantes e trazer uma ideia em trabalhar com a temática de telefones celulares e química ambiental de forma mais aprofundada. Eu já havia iniciado meu curso de mestrado na UFV e essa aula foi decisiva na escolha do tema para minha pesquisa. Durante a discussão, os alunos se mostraram curiosos em saber como a Química pode ajudar a entender as consequências do descarte inadequado dos aparelhos eletrônicos e como a tecnologia pode contribuir para a preservação do meio ambiente. Essa iniciativa dos alunos em buscar conhecimento sobre um assunto relevante e atual mostra como o ensino de Química pode ser transformado quando levamos em conta as necessidades e interesses dos estudantes.

A partir dessa experiência, concretizei a ideia de elaborar um projeto de pesquisa que envolva a temática de telefones celulares e Química ambiental, pensando na possibilidade de sensibilizar os estudantes e pensar em materiais para a realização do trabalho com o tema. Encontrei em André (2012) e Ludke (2001) o entendimento que fez sentido particular, que o professor da educação básica também pesquisa e precisa estar em constante formação.

Desse modo, seria extremamente relevante que os alunos do Ensino Médio participassem de uma sequência didática que abordasse conceitos de química ambiental por meio do estudo dos resíduos eletroeletrônicos de telefones celulares, promovendo uma reflexão sobre a importância do descarte adequado.

No contexto do ensino de Química, o tema pode ser abordado a partir de diversos conceitos, como reações químicas, propriedades dos metais, reciclagem, entre outros. Além disso, pode ser uma forma de estimular a criatividade e a curiosidade dos alunos, incentivando-os a pensar em possíveis soluções para questões ambientais e de sustentabilidade. Assim, um projeto que utiliza a abordagem de conceitos de química ambiental por meio de resíduos eletroeletrônicos de telefones celulares pode contribuir para a compreensão do potencial didático desse tema, além de oferecer subsídios para a elaboração de estratégias pedagógicas mais efetivas e contextualizadas. Além disso, pode ter uma importante contribuição para o desenvolvimento de políticas públicas voltadas para a gestão de resíduos e para a promoção de uma educação ambiental crítica e transformadora.

Destarte, as justificativas encaminharam, nos diferentes sentidos, que a temática a qual o projeto se inscreve é de relevância. Tanto nos aspectos sociais, tendo em vista o problema ambiental grave e as demais repercussões, além de como evidenciado no referencial teórico, a dissertação encontra pontos em comuns e pode acrescentar

conhecimentos ao campo do ensino de Química. Por fim, a razão das práticas pedagógicas e da sensibilidade com a necessidade formativa, referendado no projeto.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste estudo foi desenvolver uma sequência didática para que os professores apliquem durante o ensino de Química Ambiental para os alunos do terceiro ano do ensino médio, para trabalhar os conceitos envolvidos com os resíduos eletroeletrônicos de telefones celulares.

### 2.2 Objetivos Específicos

1. Desenvolver uma sequência didática que forneça ao professor recursos e estratégias para abordar a temática dos resíduos eletroeletrônicos especialmente de telefones celulares numa perspectiva de educação ambiental visando conscientizar os estudantes sobre os impactos ambientais associados a esses resíduos.

Ademais, pretende-se analisar a viabilidade de sua adaptação para estudantes do primeiro e segundo ano do ensino médio, desde que as atividades selecionadas sejam adequadas a essas outras séries;

2. Incentivar ações e reflexões sobre sustentabilidade e preservação do meio ambiente;

3. Contribuir para o entendimento dos métodos de recuperação de metais e sua relevância na gestão sustentável dos resíduos eletroeletrônicos, por meio de um experimento que envolve a desmontagem de aparelhos de telefones celulares e a aplicação de processos simples para a recuperação do ouro presente nesses dispositivos;

4. Desenvolver uma sequência didática estruturada em três momentos pedagógicos (problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento) para o ensino de química ambiental aos estudantes do terceiro ano do ensino médio.

5. Elaborar aulas expositivas, pesquisas, questionários e um experimento que promovam a organização do conhecimento sobre o tema de química ambiental, levando em consideração as necessidades e características dos estudantes do terceiro ano do ensino médio.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Estado do conhecimento sobre a questão: o que dizem os estudos?

Trabalhos como de Romanowski e Ens (2006) e Ferreira (2002) vão apontar como pesquisas denominadas como estado da arte e/ou estado do conhecimento são úteis para as pesquisas educacionais, no caso específico. Tal prática de investigação, que pode ser central ou secundária, consiste em fazer um levantamento das produções acerca de determinado tema. A pesquisa do estado de conhecimento pode ser utilizada como no projeto, para fomentar uma revisão de literatura e uma justificativa, quanto a relevância e a caracterização do conhecimento produzido. Este processo teórico-metodológico geralmente é realizado em portais digitais que guardam periódicos, produções técnicas, dissertações e teses. Em um momento recente de melhora do quadro pandêmico, a realização de estados do conhecimento foi positiva e uma possibilidade de pesquisa frente às imposições necessárias com relação às atividades presenciais. Cabe destacar também que, com avanço tecnológico, a depender dos objetivos da pesquisa, existem distintos softwares, que contribuem com a separação de dados quantitativos dos levantamentos, por exemplo. Ao fim, cumpre destacar que, como em todo processo investigativo, alguns óbices podem acontecer, como no caso específico, as dificuldades de acesso à internet, a não disponibilização de trabalhos nos bancos de dados, as instabilidades nas plataformas digitais, são alguns dos possíveis empecilhos.

Dada esta explanação geral, sublinha-se que o processo do estado do conhecimento objetivou realizar um modelo de apresentação sobre as produções acerca dos resíduos eletroeletrônicos e das sequências didáticas, que são os mobilizadores do projeto. E, por consequência também, pode se observar também, indícios sobre a relevância da proposição de pesquisa.

No Banco de Teses e Dissertações da CAPES, um repositório eletrônico de trabalhos fruto dos programas de pós-graduação *stricto sensu* do país. Nesse sentido, além do reconhecimento reputado do banco digital, acredita-se que um levantamento acerca da temática estudada nas demais pesquisas de mestrado e doutorado já finalizada, é no mínimo indiciosa para se pensar nos elementos de produção do tema estudado. Outro ponto, é que a legitimidade de se buscar as teses e dissertações se justifica no sentido de elas serem, na maioria dos casos, fonte para a produção e derivação de trabalhos outros, como os artigos. Assim, o levantamento foi realizado entre os meses de março e abril de 2023 e foram utilizados os termos de busca “resíduos eletroeletrônicos” e “sequência

didática”. Elas foram grafadas entre aspas para facilitar o processo de filtragem dos resultados. As palavras-chave se justificam por representar os eixos centrais da proposição da pesquisa. Apresentado os elementos iniciais, segue-se para a análise descritiva da busca.

Com a palavra-chave “resíduos eletroeletrônicos” foram encontrados um total de 104 trabalhos, sendo 92 dissertações e 12 teses. Cabe destacar que, dentre o número total de dissertações, 33 delas foram defendidas em programas de mestrado profissional. Os trabalhos correspondem ao lapso temporal de 2014-2021, de forma não contínua. A maior parte das produções se concentram nas áreas de Engenharia (43), seguido de Ciências Ambientais (22), Administração (14), Tecnologias (8), Gestão (7), Direito (6), Ensino de Ciências (5), Sociologia, Desenvolvimento Econômico e Políticas Públicas (3), Propriedade Intelectual (3), Agroquímica (1) e Arquitetura e Urbanismo (1). Pode-se afirmar que a maior parte das teses e dissertações foram produzidas em instituições públicas de ensino superior, sejam elas estadual ou federal (32), frente às instituições particulares (17). Com relação a localização geográfica das instituições, os trabalhos se concentram na região Sudeste (53), seguido do Nordeste (28), Sul (19), Centro-Oeste (3) e Norte (1). Esta distribuição acompanha uma lógica de produção concentrada na região Centro-Sul do país, em razão do maior número de programas de pós-graduação.

Passando da breve caracterização geral, dos 104 trabalhos catalogados, somente 6 oferecem um campo de aproximação e de diálogo com a pesquisa proposta. Para o refinamento da busca, foram analisados os títulos e os resumos para se garantir uma confirmação da relação proposta. Assim, trar-se-ão as 5 dissertações e 1 tese, com os principais apontamentos das produções.

A tese de Débora Freitas defendida no Programa de Educação em Ciências da UFRGS em 2016, foi intitulado de “Na era da tecnologia ou da poluição: a educação ambiental praticada nas escolas públicas do Distrito Federal”. O trabalho fez uma dupla ligação que interessa ao projeto: a educação ambiental e os resíduos eletroeletrônicos gerados pelo o que a autora chama de era da tecnologia. A tese ainda é rica para pensar em práticas pedagógicas possíveis na educação básica para o trato do problema (Freitas, 2016).

Já a dissertação de Claudio Vasconcelos, denominada de “Educação ambiental e o descarte de resíduos eletrônicos: Um estudo de caso na instituição de ensino superior Faculdade Eça de Queirós, no município de Jandira - São Paulo”, foi defendida em 2015 no Programa de Mestrado Profissional em Saúde Ambiental das Faculdades

Metropolitanas Unidas, será a próxima a se ter considerações. O trabalho embora foque uma instituição de ensino superior e o seu público, que não são os espaços e os sujeitos deste projeto, ele marca uma preocupação comum com relação ao descarte do lixo eletrônico e suas possíveis relações com uma perspectiva de ensino ambiental (Vasconcelos, 2015).

O trabalho de mestrado de Marcelo Batista, defendido na Universidade Federal de Uberlândia em 2018, no âmbito do Programa Profissional em Ensino de Matemática e Ciências, se intitulou “Resíduos eletroeletrônicos como tema de educação ambiental no ensino médio”. A dissertação converge frontalmente com a partilha de objetivos voltados para a temática dos resíduos eletroeletrônicos e a educação, embora no presente projeto se enfoque às sequências didáticas, o que não foi presente no trabalho de Batista (Batista, 2018).

Anyelle Peixoto defendeu a dissertação “A química dos metais: uma abordagem CTS para discutir a problemática dos resíduos eletroeletrônicos”, no Programa Profissional de Ensino de Ciências e Matemática da UFRN em 2019. Além das perspectivas da educação ambiental e dos resíduos de aparelhos eletrônicos, existiu também a perspectiva da abordagem CTS, que também será compartilhada e inspirada a partir da sequência didática (Peixoto, 2019).

“Uma proposta didática utilizando os três momentos pedagógicos: resíduos eletroeletrônicos e o ensino de circuitos elétricos” é a dissertação de Juliana Leite, defendida em 2020 no Programa Profissional em Ensino de Física do IFF. Apesar de uma especificação mais própria no ramo da Física, o trabalho propõe um diálogo com os entendimentos de Paulo Freire, que embora não se utilize da perspectiva dos 3 momentos, é uma inspiração pessoal e da sequência didática. Além disso, a utilização do resíduo eletrônico chama atenção para uma sensibilização e uma possibilidade outra de aproximação com o tema (Leite, 2020).

Janaína Santos defendeu em 2021 na UFPE o mestrado intitulado “Cartilha Digital: O Direcionamento dos Resíduos Eletroeletrônicos Através de Ações Educativas na Educação Básica”, no Programa Profissional de Ensino em Ciências Ambientais. O trabalho pode ser destacado na perspectiva conjunta do projeto tanto em razão da temática, do público e também do produto. A proposição do projeto é uma sequência didática como recurso educacional, mas mesmo com as particularidades, tanto a cartilha como a sequência, são exemplos de materiais paradidáticos, desenvolvidos para o mesmo público (Santos, 2021).

Por fim, o trabalho de Cícero Santiago defendido na Universidade de Taubaté, no âmbito do Programa Profissional em Ciências Ambientais, em 2017. A dissertação em questão é “Percepção ambiental de estudantes universitários sobre a gestão e o descarte de resíduos eletroeletrônicos”, trouxe à baila um dos focos do projeto que é pensar sobre a temática dos resíduos eletrônicos. Embora o projeto não tenha os estudantes universitários como sujeitos, a proposição da sequência didática pode gerar uma série de provocações e indagações nos estudantes do ensino médio (Santiago, 2017).

O levantamento acerca do tema “resíduos eletroeletrônicos” evidenciou que a temática é amplamente pesquisada, em diferentes campos do conhecimento e nas distintas instituições e programas. Cumpre destacar que o campo do ensino e do ensino de Química, não se apresenta com força na temática, o que não reduz sua importância, mas sim, sublinha a relevância da pesquisa. A tese e as dissertações encaminham para um ponto comum da educação ambiental e da problemática dos resíduos eletroeletrônicos, tendo diferenciações metodológicas e processuais, que sinalizam para um entendimento de uma possível colaboração da pesquisa nas lacunas já apresentadas e sentidas dos trabalhos publicados.

Com relação ao termo de busca “sequências didáticas” foram encontradas 1.391 pesquisas. Tendo em vista o volume dos resultados, foi realizada uma filtragem, disponível na plataforma, separando em um primeiro momento, a grande área do conhecimento, a saber Ciências Exatas e da Terra para depois desse corte, analisar somente os trabalhos que estavam catalogados como área de conhecimento, avaliação e concentração na Química. Os trabalhos correspondem a um lapso temporal dos anos de 2014-2022, não encontrando trabalhos de todos os anos compreendidos neste período.

Assim, o quantitativo de trabalhos após o refinamento caiu para 99, sendo eles: 95 dissertações oriundas do PROFQUI, e outras 4 produções, sendo 1 tese e 3 dissertações defendidas em programas de pós-graduação em Química. Como será disposto nesta seção o balanço de produções do PROFQUI relacionadas ao projeto, neste momento apenas as 4 produções não defendidas no PROFQUI, que serão consideradas. Os 4 trabalhos estão localizados em instituições públicas na região Sudeste do país.

Sendo assim, das 4 produções selecionadas, apenas 1 pode ser considerada como um possível lastro com o projeto. É a dissertação de Bárbara Guimarães defendida em 2021 na UFES, que se intitulou “Uso de biossorventes no tratamento de águas: uma sequência didática em química ambiental”. A escolha da dissertação se justifica por uma temática própria do ensino e que se utilizou da estratégia das sequências didáticas

(Guimarães, 2021). Cumpre destacar que, embora as diferenças do tema tratado, tanto a dissertação como o projeto, enfocam em uma perspectiva da Química Ambiental.

Em face das considerações, pode-se entender que a busca por “sequências didáticas” no repositório da CAPES, sinalizou que o termo de busca é mais explorado no âmbito do PROFQUI, tendo pouca ressonância da palavra-chave e da temática do projeto, nos demais resultados encontrados. Com relação ao termo “resíduos eletroeletrônicos”, com os resultados do banco da CAPES, pode-se observar uma pluralidade de áreas do conhecimento que se debruçam sobre o tema, com destaque para as áreas de Ensino e Meio Ambiente, que se correlacionam com o projeto.

Após uma análise abrangente acerca das produções no Banco de teses e dissertações da CAPES, utilizando os mesmos termos de busca, “resíduos eletroeletrônicos” e “sequências didáticas”, foi realizado um levantamento específico nas produções do PROFQUI, a partir das dissertações e dos produtos educacionais disponibilizados pelo programa. Atualmente ele tem sua sede de coordenação no Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e é composto por mais 17 instituições, sendo elas: Universidade Federal de Viçosa (UFV), Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Universidade Federal Fluminense (UFF), Universidade de São Paulo (USP), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES), Universidade Federal Tecnológica do Paraná (UFTPR), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Universidade Federal do Paraná (UFPR), Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), Universidade Estadual de Londrina (UEL), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

Como feito anteriormente, após uma filtragem inicial com a palavra-chave, buscou-se os trabalhos que possuem pontos em comum com a proposta. As dissertações serão datadas a partir do ano de 2019, em razão do programa ter aberto as primeiras turmas em 2017, com exceção dos da UFF e USP, que iniciaram o funcionamento em 2018. Para uma ilustração do quantitativo geral, o universo de dissertações apresentadas é de 328, apurado em pesquisas entre os meses de março e abril de 2023.

Nesse sentido, para o termo “resíduos eletroeletrônicos” nenhum resultado foi encontrado. Entretanto, na apuração da palavra-chave “sequências didáticas” foram



observadas trabalhos que se relacionam com o tema. Para o termo “sequências didáticas” foram encontradas 95 resultados, sendo que, após filtragem para correlação temática, 9 dissertações foram selecionadas, as quais serão apresentadas de forma sintética a seguir.

O trabalho de Patrícia Falci defendido na UFV em 2019 e intitulado “Repensando práticas em educação ambiental: proposta de uma sequência didática”, foi catalogado no referencial por tratar das questões teórico-metodológicas que perpassam a proposta de pesquisa, a saber: o uso das sequências didáticas e a abordagem em educação ambiental (Falci, 2019).

A dissertação “Slides animados como recurso didático para o emprego em aulas de eletroquímica no ensino médio: uma via sensibilizadora para a educação ambiental crítica” de autoria de Júlio Silva, defendida na UFRJ em 2022, foi selecionada por além de pensar em uma aprendizagem ativa, tal qual as sequências didáticas propõem, reflete também sobre a educação ambiental, que é parte do projeto (Silva, 2022).

O trabalho de mestrado de Jean Pereira, denominado de “Caracterização físico química de águas Recifais costeiras da praia dos Carneiros, Tamandaré/PE como tema estruturador para discussão sobre meio ambiente no ensino médio”, defendido em 2021 na UFRPE, compõem também a seleção realizada no projeto, por também tratar de elementos relacionais à educação ambiental no contexto da educação básica (Pereira, 2021).

Joilson Sampaio que defendeu sua dissertação no ano de 2021 na UESC, realizou o projeto “Seu óleo vira sabão: uma sequência didática para o ensino de química ambiental na educação profissional técnica em nível médio”. Nele, o professor tratou da perspectiva ambiental utilizando do recurso da sequência didática, contemplando, com exceção ao tema específico, a proposição do projeto (Sampaio, 2021).

Lisiane Lima defendeu sua dissertação na UFRGS em 2019 com o título “Abordando a poluição hídrica com estudantes do ensino médio por meio de uma sequência didática”. A seleção do trabalho se deu em razão da utilização da sequência didática para o estudo da poluição que, resguardadas as particularidades, dialogam com o projeto (Lima, 2019).

O trabalho “Sequência didática investigativa para o ensino de eletroquímica abordando o descarte de pilhas e baterias” de autoria de Marcela Oliveira, foi defendido em 2020 na UFRPE. A dissertação coaduna os elementos propostos no projeto de trabalho com sequências didáticas e a relação ambiental com o descarte de resíduos

eletroeletrônicos, com uma diferenciação na temática mais específica de cada estudo (Oliveira, 2020).

Sérgio Freitas defendeu seu mestrado em 2019 na UFTM com o título “Uma proposta de sequência didática para a abordagem do tema metais no ensino médio”. A proximidade temática para além da sequência didática, como estratégia ativa de ensino, dá-se pela proposição relacionada com metais, que se correlaciona com a poluição dos resíduos eletroeletrônicos (Freitas, 2019).

Ângelo Barbosa defendeu em 2022 no IFES a dissertação “Metais pesados no lixo urbano: uma sequência didática nos moldes da atividade experimental problematizada (AEP)”. O trabalho tem um diálogo bastante fortuito com o projeto já que ele contempla a temática ambiental e os tipos de resíduos e substâncias de interesse, além do uso da proposição do recurso das sequências didáticas (Barbosa, 2022).

Por fim, a dissertação de Sérgio Moreira defendida no IFES no ano de 2020 e intitulada “Consumismo e o descarte de aparelhos celulares: organização de um clube de ciências online visando a alfabetização científica”. Neste trabalho, o autor pontuou uma questão que se correlaciona frontalmente com o projeto que é o descarte de eletroeletrônicos. Apesar dos objetivos distintos, a educação ambiental ficou como um ponto de contato (Moreira, 2020).

Destarte, após uma visada panorâmica dos temas centrais do projeto, pode-se concluir parcial e de modo preliminar que, a proposta do projeto dialoga e se justifica dentro das produções acadêmicas. Outro elemento é que, em meio a outros trabalhos que se utilizaram das sequências didáticas e da questão ambiental, para além de um reendosso a essas produções, existe uma proposição mais específica no trabalho em ensino de Química sobre os resíduos eletroeletrônicos.

### 3.2 Os resíduos eletrônicos, a Química Ambiental, Ensino de Química e Sequências Didáticas

Em um primeiro momento, é importante partir das definições que tratam sobre os resíduos eletroeletrônicos. Para a União Europeia, todo equipamento descartado dependente de correntes elétricas e campos magnéticos é considerado lixo eletroeletrônico, propondo uma divisão em 11 agrupamentos distintos (TANSKANEN, 2013). No Brasil, a Lei que trata da Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), que é bastante recente e que é fruto de um problema instalado na quantidade de

lixo, traz de forma abrangente que este tipo específico de resíduo é fruto do descarte de equipamentos eletroeletrônicos, em consonância com a definição anterior. No contexto brasileiro, fez-se uma divisão de categorias por cores, considerando aspectos de vida útil e composição. Embora as conceituações sejam abrangentes, é preciso entender e saber que cada tipo de equipamento contém componentes metálicos distintos, com potenciais financeiros e de contaminação, que precisam de tratamento e destinação distintos.

Este reconhecimento deve vir acompanhado da inserção em um quadro em que a vida útil e/ou a obsolescência programada do aparelho é cada vez menor, impondo um quadro de consumo elevado. O celular ganha destaque, pois segundo Oliveira e colaboradores (2012) que na época da realização da investigação cerca de 10 a 20% dos celulares produzidos são descartados, mesmo que eles ainda possuíssem vida útil. Desse modo, não é difícil imaginar que as consequências com a contaminação de recursos naturais sejam elevadas.

Neste sentido, entende-se que a questão do descarte dos resíduos eletroeletrônicos é uma temática transdisciplinar que percorre e é perpassada por distintas áreas do conhecimento e que possui uma complexidade elevada por se relacionar com perspectivas humanas e sociais do consumo e da própria ciência. Mas, como delimitação, apoiado na Química Ambiental, evidenciamos uma perspectiva própria para vislumbrar o problema.

Assim, explicita-se, a partir de uma problemática consolidada e legítima, um entendimento da posição CTSA que coaduna o entrelaçamento entre as questões científicas e tecnológicas com a sociedade, com os cotidianos, com as práticas. Tal abordagem será compositora da proposta da sequência. Ao fim, a sequência didática contemplará uma proposta de ensino, sensível ao descarte dos resíduos eletroeletrônicos.

Neste sentido, o ensino de Química está relacionado também com a BNCC e as sequências didáticas, na direção do seu potencial metodológico para uma educação comprometida com a sociedade. Autores como Lobo e Moradillo (2003) e Montimer (1992), para citar alguns estudos, sinalizaram como que o ensino de Química é relacionado a uma proposta enfadonha de decorar e memorizar fórmulas e da necessidade da formação de um ensino reflexivo e crítico, que valoriza os contextos e os sujeitos, como já ocorrem em alguns casos.

Pesquisadores como Schnetzler (2002), Lorenzetti, Silva e Bueno (2019) e Oliveira, Steil e Júnior (2022), para referenciar citar alguns, já demonstraram em suas pesquisas que o ensino de Química por muito tempo se estruturou de uma forma

tecnicista, baseado em decorar fórmulas e funções, e que ele precisa estar relacionado com o cotidiano dos alunos. Os autores, em meio a rupturas e continuidades, apontaram também para um crescimento das investigações, produções e associações em torno do ensino de Química, bem como as necessidades e mudanças paradigmáticas no relacionamento de professores e alunos com os conhecimentos e currículos.

Para que de fato o ensino possa ocorrer de maneira significativa, que o aluno tome o protagonismo do processo junto a figura do professor como mediador e o momento da aula seja dinâmico. Nesta direção, Luca (2001) retrataram que algumas transformações ocorreram na direção de um ensino de Química mais implicado com a vida real dos alunos e menos comprometidos com a memorização de fórmulas e estruturas.

Tal ponto que entende o compromisso do ensino de Química com a contribuição na formação do cidadão, vislumbrando que o conhecimento químico possa contribuir com a vida cotidiana, é sublinhado por Chassot (2003) como um horizonte a ser alcançado e tendo como possibilidade a interação e a aproximação dos conteúdos com os sujeitos. Entretanto, o Chassot (2003) caracteriza o contexto anterior relacionado ao ensino de Química, como uma forma que não considera os sujeitos e seus conhecimentos prévios:

No século passado, nos anos de 1980, e talvez sem exagero, se poderia dizer até o começo dos anos 1990, víamos um ensino centrado quase exclusivamente na necessidade de fazer com que os estudantes adquirissem conhecimentos científicos. Não se escondia o quanto à transmissão (massiva) de conteúdos era o que importava. Um dos índices de eficiência do professor – ou de um transmissor de conteúdos – era a quantidade de páginas repassadas aos estudantes – os receptores (Chassot, 2003, p. 90).

Observando de modo crítico esta fração do quadro de ensino de Química, pode-se pensar que o projeto quando propõe uma sequência didática que mobiliza uma temática ambiental contemporânea e complexa, que pode contribuir com um ensino relacionado socialmente e comprometido com uma formação ampliada. Neste sentido, mais uma vez Luca (2001, p. 3) apontou que o modelo de ensino de Químico baseado na memorização e na prática de decorar, não serve para o desenvolvimento holístico do aluno, mas sim, de um sistema que continua a pensar o ensino de modo tradicional.

Esse ensino de Química repetitivo, descontextualizado e limitado, além de não motivar os professores a buscarem novos conhecimentos e novas alternativas para a sala de aula, torna-se cada vez mais desarticulado, face à continuidade do isolamento da escola com a vida cotidiana do aluno. Há sem dúvida, a necessidade de superarmos esse rompimento do ensino atual de Química com a vida do aluno e, também, o ensino de Química com base na sustentação de programas de exames de vestibulares de renomadas universidades.

A BNCC é um marco documental que também encaminha para uma formação que esteja correlacionada com o cotidiano e com os saberes prévios, não desprezando as particularidades regionais e orientando conteúdos comuns a serem trabalhados. Assim, a caracterização do documento é que ele:

[...] é um documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica, de modo a que tenham assegurados seus direitos de aprendizagem e desenvolvimento, em conformidade com o que preceitua o Plano Nacional de Educação (PNE). Este documento normativo aplica-se exclusivamente à educação escolar, tal como a define o § 1º do Artigo 1º da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB, Lei nº 9.394/1996), e está orientado pelos princípios éticos, políticos e estéticos que visam à formação humana integral e à construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva, como fundamentado nas Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica (DCN). (Brasil, 2017, p. 7)

Desta forma, o documento continua ponderando a sua consonância com os demais dispositivos legais que tratam da educação básica, bem como com a formação humana, aquela retratada como implicada com a realidade social e a vida cotidiana. Assim,

A educação, direito de todos e dever do Estado e da família, será promovida e incentivada com a colaboração da sociedade, visando ao pleno desenvolvimento da pessoa, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho. [...] devem concorrer para assegurar aos estudantes o desenvolvimento de dez competências gerais, que consubstanciam, no âmbito pedagógico, os direitos de aprendizagem e desenvolvimento. Na BNCC, competência é definida como a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho (Brasil, 2017, p. 10).

E no que concerne ao sentido da formação integral, aqui relacionada ao ensino de Química implicado com a sociedade, a BNCC indicou que:

[...] a Educação Básica deve visar à formação e ao desenvolvimento humano global, o que implica compreender a complexidade e a não linearidade desse desenvolvimento, rompendo com visões reducionistas que privilegiam ou a dimensão intelectual (cognitiva) ou a dimensão afetiva. Significa, ainda, assumir uma visão plural, singular e integral da criança, do adolescente, do jovem e do adulto – considerando-os como sujeitos de aprendizagem – e promover uma educação voltada ao seu acolhimento, reconhecimento e desenvolvimento pleno, nas suas singularidades e diversidades (Brasil, 2017, p. 16).

O disposto na BNCC suscita uma discussão acerca dos métodos de ensino, principalmente no que se refere a um ensino significativo e dialogado, partindo das premissas de Almeida (2018), Moran (2018) e Freire (2005). Ambos autores sinalizam,

cada qual com particularidades teóricas, um eixo comum que entende o ensinar partindo fundamentalmente do sujeito, suas histórias de vida e seus conhecimentos prévios. Estas premissas são também partes das metodologias e estratégias ativas, dentre as quais as sequências didáticas fazem parte.

Para Berbel (2011, p. 29) as metodologias ativas são “processos interativos de conhecimento, análise, estudos, pesquisas e decisões individuais e coletivas, com a finalidade de encontrar soluções para um problema”. Nesse sentido, as sequências didáticas podem, de acordo com Bordenave e Pereira (2002), contribuir com o ensino implicado com a realidade, com os sujeitos, com os conhecimentos prévios e com elementos da vida cotidiana. Neste sentido, a proposição de um projeto acerca da temática ambiental encontra respaldo teórico e prático nessa abordagem.

Deste modo, entendendo as sequências didáticas como Zabala (1998, p. 18) é:

[...] um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos [...] têm a virtude de manter o caráter unitário e reunir toda a complexidade da prática, ao mesmo tempo em que [...] permitem incluir as três fases de toda intervenção reflexiva: planejamento, aplicação e avaliação.

Assim, para Zabala (1998, p. 31) as sequências demandam orientação e organização dos professores, contendo as atividades “[...] dimensão conceitual – o que se deve saber? - dimensão procedimental – o que se deve saber fazer?; dimensão atitudinal – como deve ser? ”. Destarte, a proposição do projeto encaminha para uma formação ampla e relacionada com o cotidiano e com os saberes prévios, vislumbrando o entendimento que o ensino de Química deve perpassar a vida dos aprendizes.

### 3.3 Resíduos Eletrônicos: Desafios, impactos e soluções.

Nos últimos anos, temos testemunhado um aumento considerável no descarte de dispositivos eletrônicos, gerando um desafio ambiental significativo: o lixo eletrônico. Desde smartphones até computadores, a sociedade moderna está constantemente produzindo resíduos eletrônicos, contendo substâncias perigosas, como metais pesados e compostos tóxicos. O descarte inadequado desses dispositivos representa não apenas uma ameaça para o meio ambiente, mas também para a saúde humana e a biodiversidade.

O Lixo eletrônico (*e-waste* em inglês), também chamado de e-lixo ou resíduo eletrônico, é constituído por dispositivos eletrônicos descartados, como computadores,

celulares e eletrodomésticos. Esses aparelhos contêm substâncias perigosas e tóxicas, que podem causar danos ao meio ambiente se não forem descartados de maneira apropriada. O descarte inadequado desse tipo de lixo pode resultar na liberação de substâncias prejudiciais, como metais pesados tais como mercúrio, cádmio, berílio e chumbo entre outros produtos químicos, afetando negativamente o solo, a água e a saúde das pessoas. Para Rodrigues (2007, p.93), ao entrar em contato com o solo, esses metais poluem a água subterrânea e, quando queimados, contaminam o ar, causando prejuízos à saúde dos catadores que dependem da venda de materiais recolhidos em lixões.

Tanto no Brasil quanto globalmente, a quantidade de lixo eletrônico, em especial o proveniente de telefones celulares, tem crescido consideravelmente. Esse aumento se deve à maior acessibilidade, impulsionada pelos avanços tecnológicos constantes, juntamente com a busca incessante por produtos e serviços de maior qualidade. Isso leva os consumidores a trocarem seus aparelhos usados considerados obsoletos por versões mais compactas, leves e modernas em um ritmo acelerado.

Segundo o estudo de Azevedo *et al.* (2012), destaca-se a crescente preocupação dos governos ao redor do mundo e dos defensores do meio ambiente com os resíduos sólidos industriais provenientes da eletrônica. Isso se deve principalmente à complexidade na separação de seus elementos constituintes, incluindo materiais poliméricos, e à recuperação de metais de alto valor. Uma parte significativa desses resíduos é composta por dispositivos como telefones celulares e placas de circuito impresso (PCI).

De acordo com dados do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e parceiros, anualmente, são geradas aproximadamente 54 milhões de toneladas métricas de lixo eletrônico, que inclui telefones, computadores e outros produtos. Isso representa uma média de 7 quilos por pessoa no planeta, e estima-se que esse número possa dobrar até 2050 se medidas não forem tomadas. A porção restante acaba sendo descartada de maneira inadequada, indo parar nas mãos de trabalhadores informais, inclusive crianças, que procuram extrair metais valiosos, enfrentando sérios riscos à sua saúde.

De acordo com o relatório do Monitor Global de Lixo Eletrônico 2020 da ONU, a Ásia liderou a geração de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) naquele ano, produzindo cerca de 24,9 milhões de toneladas. As Américas contribuíram com 13,1 milhões de toneladas, seguidas pela Europa com 12 milhões de toneladas. Enquanto isso, a África e a Oceania geraram 2,9 milhões e 0,7 milhões de toneladas,

respectivamente. O Brasil, embora seja mencionado apenas no relatório global da ONU, produz anualmente mais de 2 milhões de toneladas de lixo eletrônico. O país se destaca como líder na América do Sul e está entre os cinco principais países do mundo nessa categoria.

Ainda sobre o relatório, apenas 17,4% do lixo eletrônico gerado globalmente foi coletado e reciclado em 2019. Na América Latina, essa taxa é ainda mais baixa, com apenas 2,7% do total de resíduos eletrônicos sendo coletados e gerenciados de forma ambientalmente correta.

Apenas no ano de 2022, de acordo com as projeções de um fórum internacional sobre resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos, estima-se que 5,3 bilhões de telefones celulares seriam descartados no país. A Agência Nacional de Telecomunicação (ANATEL), divulgou que o mês de dezembro de 2023 encerrou com 256,3 milhões de aparelhos de telefones celulares. Na América Latina como um todo, apenas 3% desses resíduos são adequadamente descartados, resultando no desperdício de materiais de alto valor contidos nesses dispositivos.

No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010), promulgada em agosto de 2010, estabelece obrigações para fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de produtos eletroeletrônicos e seus componentes. Essa legislação exige que essas empresas desenvolvam e executem sistemas de logística reversa, garantindo o retorno dos produtos após o uso pelo consumidor. Além disso, o Estado de São Paulo já havia adotado medidas semelhantes anteriormente, com a promulgação da Lei 13.576/2009 em julho de 2009. Esta lei estabelece diretrizes para a reciclagem, gerenciamento e destino final do lixo tecnológico, responsabilizando as empresas que fabricam, importam ou comercializam produtos eletroeletrônicos pelo seu descarte adequado.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) de 2010, em seu artigo 33, apenas faz referência aos produtos eletroeletrônicos e seus elementos constituintes, sem oferecer uma definição explícita. A legislação estadual de Minas Gerais (Lei nº 18.031/09) sobre resíduos sólidos não aborda de forma alguma os resíduos eletroeletrônicos, mesmo ao definir diferentes categorias de resíduos, como os especiais, pós-consumo e reversos. Segundo o estipulado pela Lei municipal nº 10.534/2012, a população de Belo Horizonte é formalmente responsável pelos REEE classificados como "Resíduos Sólidos Especiais". Estes devem ser tratados por métodos autorizados e licenciados pelos órgãos ambientais competentes, em conformidade com a legislação



específica, as normas ambientais, as disposições legais, regulamentos e as normas técnicas da Superintendência de Limpeza Urbana (SLU), conforme estabelecido pela legislação municipal em questão.

A ONU tem alertado sobre o impacto ambiental dos smartphones, destacando a urgência de políticas de reciclagem e gerenciamento de resíduos eletrônicos mais eficazes. Com o ciclo de vida dos dispositivos eletrônicos diminuindo e a demanda por novas tecnologias aumentando, a quantidade de lixo eletrônico está crescendo rapidamente em todo o mundo.

Conforme mencionado por Santos (2012, p.31), o processo de reciclagem de equipamentos eletroeletrônicos consiste na separação dos materiais que compõem esses dispositivos, convertendo-os em matérias-primas secundárias, que posteriormente serão reincorporadas à cadeia produtiva. Reciclar o lixo eletrônico é crucial para minimizar seus impactos ambientais negativos. Além de recuperar materiais valiosos, como metais preciosos e plásticos, a reciclagem reduz a necessidade de extrair novos recursos naturais e diminui a quantidade de resíduos destinados a aterros sanitários. Leite (2008, p.113) reforça que: “As economias nos canais reversos de reciclagem provêm da substituição das matérias-primas virgens por matérias-primas secundárias ou recicladas, que normalmente apresentam preços menores e exigem menores quantidades de insumos energéticos para sua fabricação”.

A prática da reciclagem ilustra uma mudança significativa na nossa percepção do que antes era considerado dispensável e sem valor. Por meio dela, materiais outrora destinados ao descarte encontram uma nova utilidade como matéria-prima vital em processos de produção renovados. Além dos benefícios ambientais, a reciclagem também desempenha um papel crucial na economia, gerando oportunidades de emprego e promovendo a inclusão social dos indivíduos envolvidos nesse ciclo positivo. Dessa forma, o ato de reciclar vai além de apenas descartar de forma responsável, transformando-se em um motor de progresso social e econômico, impulsionando não só a sustentabilidade, mas também a dignidade e a cidadania de todos os participantes.

Por esta via, o que dantes era entendido como inútil, torna-se útil; o que era desprezado transforma-se em matéria detentora de valor; o que era temido, passa a ser aceito; o que era descartado, hoje é poupado. Pontos de vista que atendem necessidades e demandas de uma realidade em mutação constante (Waldman, 2010, p. 30).

No entanto, apesar da importância da reciclagem do lixo eletrônico, muitos obstáculos persistem, incluindo a falta de infraestrutura adequada, dificuldades logísticas

na coleta e o descarte ilegal em países em desenvolvimento. É crucial aumentar a conscientização sobre a importância da reciclagem e do descarte responsável entre o público, incentivando uma mudança de comportamento em relação ao consumo e ao descarte de dispositivos eletrônicos.

Infelizmente, sob uma perspectiva ambiental, as taxas de reciclagem em escala global permanecem bastante reduzidas. Como resultado, a demanda por extração de matérias-primas aumenta consideravelmente. Isso contribui para níveis mais altos de emissões de gases de efeito estufa (GEE), exacerbando ainda mais os desafios climáticos. Yang *et al.* (2020), sustenta que, a reciclagem de resíduos eletrônicos desempenha um papel importante na preservação de recursos e energia, enquanto também é um contribuinte significativo para os objetivos globais de diminuição das emissões. Priarone *et al.* (2016) também destacam que a prática da reciclagem resulta na diminuição do uso de energia e na redução das emissões de CO<sub>2</sub>. Eles ressaltam a importância de explorar estratégias de reciclagem que sejam tanto inovadoras quanto eficazes para mitigar os impactos ambientais associados.

Entre os resíduos eletrônicos, os telefones celulares destacam-se como uma fonte significativa de poluição potencial. De acordo com Wu *et al.* (2008), apenas um único dispositivo móvel pode conter até 12 elementos químicos altamente prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente, como chumbo (Pb), cádmio (Cd), mercúrio (Hg), arsênio (As), Brometos (Br), policloreto de bifenilo (PCBs), Ftalatos, hexavalente de cromo (Cr(VI)), níquel (Ni), antimônio (Sb), selenito (se) e tálio (Tl). Ainda segundo Wu *et al.* (2008), O descarte inadequado resulta em uma parcela considerável desses aparelhos sendo enviados para aterros sanitários ou incinerados de forma inadequada, liberando materiais tóxicos no ambiente. Entre esses materiais, estão substâncias como mercúrio, cádmio, chumbo, arsênio, dioxinas e furanos. Essas substâncias acabam por contaminar o ar, o solo e a água, e muitas delas têm a capacidade de persistir no ambiente, acumulando-se na cadeia alimentar e representando um sério risco para a saúde humana e o ecossistema. Conforme as pesquisas de Azevedo *et al.* (2012) e Moraes (2010), além dos potenciais danos à saúde, é importante considerar que cada tonelada de telefones celulares, variando de acordo com as características de cada aparelho, contém em média 340g de ouro e 130kg de cobre, quantidades significativas desses metais de alto valor.

### 3.4 Mineração Urbana: Recuperação de recursos em dispositivos eletrônicos.

Na produção de REEE, encontramos elementos valiosos como ouro, prata, cobre e alumínio, que podem ser recuperados e revendidos para serem reutilizados na fabricação de novos produtos. A prática da mineração urbana busca extrair matérias-primas a partir desses resíduos eletrônicos, apresentando-se como uma abordagem significativa. Essa metodologia não apenas preserva os recursos naturais, mas também recupera metais previamente processados, os quais de outra forma seriam descartados oferecendo riscos ao meio ambiente.

A companhia Nexa, associada ao Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), implementa práticas de reutilização de zinco e outros metais provenientes de resíduos eletrônicos em suas operações. Destaca-se pela maior planta de reciclagem de pilhas do Brasil, localizada em Juiz de Fora (MG), onde são processadas pilhas comuns, alcalinas, recarregáveis e baterias portáteis. No ano de 2021, mais de 207 toneladas desses materiais foram recicladas.

Outro exemplo relevante de mineração urbana foi observado nas Olimpíadas de Tóquio em 2021. Todos os metais empregados na confecção das medalhas foram obtidos e reciclados a partir de equipamentos eletrônicos descartados. Dispositivos como computadores, celulares e câmeras digitais foram desmontados para recuperar o ouro, a prata e o bronze presentes em componentes como placas de circuito.

O comitê responsável pelos Jogos Olímpicos e Paralímpicos de Paris anunciou que as medalhas dos jogos de 2024 incluirão uma porção de 18 gramas do mesmo metal que foi utilizado na edificação icônica da França, a Torre Eiffel. Isso contribui para a mineração urbana ao reutilizar materiais preciosos já existentes em estruturas emblemáticas da cidade.

No que diz respeito a mineração tradicional e mineração urbana, Xavier e Lins (2018, p.23) sustentam que, a mineração convencional envolve a obtenção de recursos minerais do solo através da exploração de depósitos minerais e subsequente processamento dos minérios. Por outro lado, a mineração urbana refere-se à exploração econômica de recursos provenientes do ambiente terrestre, resultantes da produção de resíduos de várias naturezas, decorrentes do descarte de produtos e materiais após o consumo.

A economia circular é uma ideia que busca uma forma sustentável de lidar com os recursos, incentivando a diminuição, reutilização, recuperação e reciclagem de

materiais de forma contínua e interligada. A mineração urbana tem uma conexão estreita com os princípios da economia circular, pois se concentra em aproveitar os recursos encontrados nos resíduos urbanos para reintroduzi-los na corrente de produção. Em vez de descartar materiais pós-consumo, como dispositivos eletrônicos, plásticos, metais e vidros, a mineração urbana busca recuperar esses recursos valiosos, transformando-os em matérias-primas secundárias que podem ser utilizadas novamente na fabricação de novos produtos.

Este processo ajuda a reduzir a necessidade de recursos naturais limitados, diminuir a quantidade de resíduos destinados a aterros sanitários e economizar energia, água e outros insumos necessários para a produção a partir de matérias-primas novas. Dessa forma, a mineração urbana desempenha um papel crucial na promoção da economia circular, fechando o ciclo de vida dos materiais e promovendo uma abordagem mais sustentável para a gestão de recursos.

A recirculação proposta pela economia circular pressupõe o reuso de um produto ou material na fase pós-consumo, da mesma forma que contribui para a minimização da geração de resíduos, uma vez que estes deixam de seguir as rotas convencionais de destinação e descarte e passam a priorizar os diversos mecanismos de recirculação, com seus vários Rs: reparo, restauração, reuso, remanufatura, reciclagem, entre outros (Xavier; Lins, p.23, 2018).

Diversos tipos de materiais são empregados na fabricação de telefones celulares de diversas marcas e modelos, o que torna complexa a sua reciclagem completa. Por exemplo, a placa de circuito de um telefone celular típico representa entre 15% e 43% do seu peso total e é composta por 28% de metais e 70% de não-metais. Em uma tonelada de telefones celulares, foram identificados 340,0g de ouro, 3,5kg de prata, 140g de paládio e 130,0kg de cobre conforme Vats e Singh (2015).

De acordo com O Terceiro Seminário Internacional sobre Rejeitos Eletroeletrônicos, (2011), o primeiro estágio de recuperação de resíduos eletrônicos envolve o desmonte e a reutilização de peças para fabricar e revitalizar novos equipamentos. O segundo estágio, que inclui os resíduos do primeiro ciclo, deve ser encaminhado para instalações de recuperação de metais preciosos e raros.

Vivendo em uma era onde a tecnologia desempenha um papel central em nossas vidas, é fundamental reconhecer o valor do lixo eletrônico não apenas como fonte de materiais recicláveis, mas também como ponto de partida para uma reflexão mais profunda sobre nosso modelo de consumo e seus impactos ambientais e sociais. A prática da mineração urbana demonstra um potencial significativo para a recuperação de recursos

valiosos a partir de resíduos eletrônicos, contribuindo para a sustentabilidade ambiental e a conservação de recursos naturais. No entanto, é lamentável observar que essa abordagem ainda é pouco explorada, em grande parte devido aos altos custos envolvidos nos processos de reciclagem e recuperação. Baldé *et al.* (2017) ressalta a importância de se reutilizar, reparar, redistribuir, reformar e remanufaturar antes de promover a reciclagem desses materiais. Apesar dos benefícios claros que a mineração urbana pode oferecer, é crucial investir em pesquisa, tecnologia e infraestrutura para viabilizar sua implementação em larga escala. Além disso, é necessário promover políticas e incentivos que incentivem empresas e governos a adotar práticas de mineração urbana, visando a construção de uma economia circular mais eficiente e sustentável.

### 3.5 Integrando os princípios Freireanos nos Três Momentos Pedagógicos de Demétrio Delizoicov: Uma abordagem transformadora na educação.

Através da articulação de teorias e/ou filosofias, almeja-se estruturar e orientar um domínio específico do saber, conferindo-lhe sentidos do campo de estudo e de análise. Neste contexto, a educação emerge como um campo vasto e multifacetado, cuja compreensão e prática são moldadas por uma diversidade de abordagens pedagógicas. No entanto, em meio a essa pluralidade, destaca-se a necessidade de uma visão transformadora que vá além da mera transmissão de conhecimento. Assim, a orientação do trabalho, se inspirando nos pressupostos freireanos, assentasse em um paradigma educacional contemporâneo, de tendência progressista e prática libertadora, que objetiva, em seu horizonte, pensar a educação de modo a conduzir para emancipação e a transformação social. Nesse contexto, a incorporação dos princípios fundamentais de Paulo Freire nos Três Momentos Pedagógicos delineados por Demétrio Delizoicov emerge como uma abordagem inovadora e potencialmente transformadora. Esses princípios, como a valorização da dialogicidade, da problematização e da contextualização do conhecimento, promovem uma educação que vai além da simples transmissão de informações. Ela busca capacitar os estudantes a pensar criticamente, a questionar o status quo e a agir de forma consciente e autônoma na sociedade. Dessa forma, essa integração não apenas informa, mas também empodera e liberta os estudantes, preparando-os para enfrentar os desafios do mundo contemporâneo de maneira mais eficaz e significativa.

A proposta de Paulo Freire é uma abordagem transformadora que se fundamenta em três etapas interligadas: investigação, tematização e problematização. Na fase de investigação, o educador e os estudantes exploram juntos a realidade concreta, buscando compreender suas nuances e desafios. De acordo com Freire (1987), uma pesquisa inicial explora as palavras comumente usadas pelo aluno no seu contexto cultural. Desta forma, são selecionadas as palavras que possuem maior potencial fonético e carga semântica, facilitando tanto a aprendizagem da linguagem escrita quanto o envolvimento do estudante, através da força prática que impacta e modifica o mundo humano. Em seguida, na etapa de tematização, ocorre a identificação e seleção de temas relevantes e significativos para os estudantes, que serão abordados de forma contextualizada e interdisciplinar. Na busca pelo tema gerador dentro do contexto do método teórico-metodológico, Freire (2018), discute o processo de codificação/descodificação da realidade como um meio de compreender a interpretação que o indivíduo faz do mundo ao seu redor. Por fim, na problematização, os temas são analisados criticamente, incentivando-se a reflexão, o diálogo e a busca por soluções para os problemas identificados. Esse método não apenas proporciona a aquisição de conhecimentos, mas também promove o desenvolvimento da consciência crítica e da capacidade de transformação social dos alunos. Freire (2018) sugere que esse procedimento seja conduzido de forma interdisciplinar, evitando limitações das especializações disciplinares. Ele destaca a possibilidade de sugerir temas considerados relevantes e necessários para compreender a realidade em análise.

Em consonância com a concepção de Freire (2005) de que "ensinar não é transferir conhecimento, mas criar possibilidades para sua própria produção ou construção", Delizoicov e Angotti (1990) desenvolvem os Três Momentos Pedagógicos como um método que busca facilitar o crescimento do conhecimento do estudante. Esse método é caracterizado por três etapas distintas: Problematização inicial, Organização do conhecimento e Aplicação do conhecimento.

No momento inicial de problematização, conforme discutido por Delizoicov e Angotti (1990), são introduzidas questões e/ou situações para debate com os estudantes. Em relação à função desse Primeiro Momento, eles enfatizam que:

Mais do que simples motivação para se introduzir um conteúdo específico, a problematização inicial visa à ligação desse conteúdo com situações reais que os alunos conhecem e presenciam, mas que não conseguem interpretar completa ou corretamente porque, provavelmente não dispõem de conhecimentos científicos suficientes (Delizoicov; Angotti, 1990a, p. 29).

No segundo momento, que se trata da organização do conhecimento, os autores esclarecem que os conhecimentos relevantes para a compreensão do tema e da problematização inicial serão abordados de forma sistemática sob a orientação do professor. Sobre o núcleo do conteúdo específico de cada tópico, Delizoicov e Angotti (1990, p. 30) afirmam que:

[...] será preparado e desenvolvido, durante o número de aulas necessárias, em função dos objetivos definidos e do livro didático ou outro recurso pelo qual o professor tenha optado para o seu curso. Serão ressaltados pontos importantes e sugeridas atividades, com as quais se poderá trabalhar para organizar a aprendizagem.

No terceiro momento, referente à aplicação do conhecimento, é essencial que os alunos estabeleçam conexões entre os temas discutidos não apenas por meio dos conceitos, mas também os relacionando a fenômenos que possam ter alguma ligação com as informações apresentadas.

Destina-se, sobretudo, a abordar sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno, para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram o seu estudo, como outras situações que não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, mas que são explicadas pelo mesmo conhecimento (Delizoicov; Angotti, 1990, p. 31).

Os Três Momentos Pedagógicos de Delizoicov e o método de ensino de Paulo Freire baseado na investigação, tematização e problematização compartilham semelhanças fundamentais na abordagem educacional. Ambas as metodologias enfatizam a participação ativa dos estudantes no processo de aprendizagem, incentivando a reflexão crítica e a construção colaborativa do conhecimento. Enquanto os Três Momentos Pedagógicos de Delizoicov propõem uma estruturação em etapas sequenciais para o ensino-aprendizagem, Paulo Freire propõe uma abordagem mais fluida e integrada, onde a investigação, tematização e problematização ocorrem de maneira interligada e contínua. Ambas as abordagens reconhecem a importância de conectar os conteúdos estudados com a realidade cotidiana dos estudantes, promovendo uma educação mais significativa e relevante. Enquanto Delizoicov destaca a organização sistematizada do conhecimento em três momentos distintos, Freire enfatiza a dinâmica dialógica e a transformação social como elementos centrais do processo educacional.

Um processo de ensino-aprendizagem significativo pressupõe que o conhecimento escolar seja construído a partir da interação entre conceitos do cotidiano e científicos, integrando saberes teóricos e práticos. Essa articulação visa capacitar o estudante a compreender a realidade à sua volta, permitindo-lhe participar ativamente e intervir na sociedade. Segundo Ausubel (2003), a aprendizagem significativa requer dois elementos

essenciais: a disposição para aprender e a presença de conteúdo significativo. Ou seja, o conhecimento prévio do indivíduo desempenha um papel crucial, sendo variável e determinante para que a aprendizagem ocorra de forma significativa. Ao abordar questões cotidianas da sociedade, os estudantes são estimulados a relacionar os conceitos químicos com situações reais, tornando o aprendizado mais significativo e contextualizado. Essa abordagem não apenas enriquece a compreensão dos conteúdos, mas também promove o desenvolvimento de habilidades críticas e reflexivas essenciais para a formação integral dos estudantes. Este princípio encontra respaldo nos principais documentos orientadores da Educação Brasileira, tais como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Nos dias atuais, em uma sociedade marcada por avanços tecnológicos, é importante que a educação acompanhe as mudanças, especialmente na área de ciências. Ela não deve permanecer centrada em métodos que se limitam à mera transmissão e armazenamento de informações, desvinculados da realidade cotidiana e carentes de uma abordagem crítica que atenda às necessidades reais de aprendizagem. De acordo com Freire (2018), essa abordagem, que negligencia o potencial dos estudantes, está distante do ideal de educação que busca formar cidadãos conscientes e críticos.

No campo do ensino da Química, diversas teorias desempenham um papel crucial no fortalecimento da aprendizagem. Entre elas, destaca-se a importância do conhecimento prévio, da dialogicidade e da sociointeração, que favorecem a participação ativa do indivíduo no processo educacional.

Tanto Vygotsky quanto Freire enfatizam a importância do contexto cotidiano do estudante. Para ambos, uma educação autêntica não pode ser dissociada da realidade social do estudante. Eles reconhecem o meio social como uma fonte de temas, estímulos e interação cultural essenciais para a construção do conhecimento. Vygotsky (2001) destaca que o desenvolvimento do indivíduo ocorre por meio da interação com o ambiente em que está inserido. Enquanto para Freire (2018), a compreensão do mundo ao seu redor e a análise crítica da realidade são fundamentais para que o aluno possa perceber verdadeiramente o ambiente em que vive. No processo educacional, o estudante é instigado a desenvolver uma compreensão mais profunda do que ocorre ao seu redor.



## 4 METODOLOGIA

A seção de metodologia traz, de forma a explicitar a etimologia do termo, os caminhos que foram seguidos para a produção da pesquisa e do produto educacional. No nosso caso, a pesquisa de abordagem qualitativa e de naturezas bibliográfica e descritiva, estão alinhadas aos objetivos geral e específicos do trabalho e se preocuparam, em razão dos seus caracteres supracitados, no desenvolvimento de uma análise dos resultados que privilegiaram o reconhecimento dos saberes já socializados, a descrição dos processos e das etapas constituintes do produto.

Ao mesmo tempo, a proposta do produto guarda uma perspectiva experimental, que marca, novamente, um diálogo coeso entre os objetivos e o referencial teórico do trabalho (Severino, 2013; Marconi; Lakatos, 2003; Santos, 1998). Do mesmo modo, as escolhas dos instrumentos de produção teórico-metodológica dos dados são coerentes com a proposta da metodologia, como também do referencial teórico, que valorizou um projeto de protagonismo dos alunos e suas produções, dos seus contextos, da problemática macrossocial do ambiente e do papel de mediador do professor (Freire, 1996).

Assim, depois deste apontamento metodológico geral que caracterizou o trabalho, considerando o levantamento das produções correlacionadas a temática e que figuraram como um estado do conhecimento da questão, já apontados, a seção confere uma especial atenção ao produto educacional. Portanto, segue uma descrição da proposta do produto e seus pontos de toque com o desenvolvimento do trabalho como um todo.

A relevância de adotar uma abordagem metodológica planejada e organizada ao ensinar conceitos de química ambiental por meio da utilização de resíduos eletroeletrônicos de telefones celulares é posta, uma vez que essa prática não apenas proporciona uma compreensão mais prática e tangível dos princípios químicos, mas também, promove a sensibilização sobre a importância da reciclagem e da gestão sustentável dos resíduos tecnológicos. Dessa forma, os estudantes não apenas aprimoram seu conhecimento científico, como desenvolvem uma perspectiva crítica e responsável em relação ao impacto ambiental da tecnologia, contribuindo para a formação de cidadãos mais conscientes e engajados. Este produto educacional, tem o potencial não apenas de aprimorar a compreensão didática desse tópico, como também de fornecer suporte para o desenvolvimento de estratégias pedagógicas mais eficazes e contextualmente relevantes.

Ao integrar práticas pedagógicas que exploram os resíduos eletroeletrônicos de telefones celulares, a dissertação não só atende às necessidades educacionais, mas também contribui para a sensibilização sobre a questão ambiental, fornecendo uma base sólida para a formação de cidadãos engajados e responsáveis. Esta premissa está em acordo com as proposições curriculares e de políticas públicas que prescrevem o papel do processo educacional relacionado à formação integral do sujeito em face do exercício da cidadania. A elaboração deste conjunto de atividades pedagógicas foi conduzida com foco na consideração das Competências e Habilidades que necessitam ser adquiridas, visando se adequar à BNCC (Base Nacional Comum Curricular).

A presente sequência didática, doravante SD, foi concebida para oferecer uma abordagem envolvente e prática no entendimento da química ambiental e na gestão de resíduos eletroeletrônicos de telefones celulares. A SD oferece propostas adaptáveis para um ensino de química que se compromete com a realidade dos alunos e busca contribuir para melhorias sociais. Esse direcionamento é influenciado pelo movimento indutor de Paulo Freire (1996), que valoriza o diálogo, a crítica social, as relações entre os indivíduos e a sociedade, além da afetividade como elementos essenciais no processo educacional. O professor desempenha o papel de mediador do conhecimento, reconhecendo e valorizando os saberes trazidos pelos estudantes, que são protagonistas desse processo.

A elaboração da SD baseou-se nos três momentos pedagógicos: problematização (2 aulas), organização do conhecimento (9 aulas) e aplicação do conhecimento (3 aulas). A estrutura dos Três Momentos Pedagógicos surgiu da perspectiva de Paulo Freire adaptada ao ambiente da educação formal, sendo inicialmente elaborada por Delizoicov (1982) e fundamentada pela Abordagem Temática (Delizoicov *et al.*, 2011).

Os três momentos pedagógicos desempenham um papel crucial no processo de ensino e aprendizagem. Começando com a etapa da problematização, os estudantes se deparam com desafios que os instigam a buscar soluções, seguido pela fase de organização do conhecimento, na qual eles examinam e compreendem as informações pertinentes. Por fim, conclui-se com a aplicação do conhecimento, na qual os estudantes utilizam o que aprenderam para resolver problemas ou aplicar em contextos práticos, fomentando, dessa forma, o desenvolvimento do pensamento crítico e a construção ativa do conhecimento.

Na SD, o início do processo foi marcado pela ênfase na relevância do tema e nos impactos ambientais associados. Recursos audiovisuais, como vídeos informativos, foram empregados para facilitar a compreensão dos conceitos-chave, ao mesmo tempo

em que se buscava estimular o pensamento crítico através de charges e artigos correlatos. A SD disponibiliza também, atividades relacionadas a pesquisas, questionários abordando os principais aspectos dos resíduos eletroeletrônicos de telefones celulares e experimentos práticos, incluindo a desmontagem de telefones celulares e a extração de ouro, proporcionando-lhes uma experiência enriquecedora. No que diz respeito à avaliação, foram disponibilizadas atividades, incluindo questões do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), para refletir sobre o entendimento dos alunos, acompanhadas de recursos adicionais, como leituras recomendadas e atividades opcionais de aprofundamento.

Apresento, a seguir, uma descrição minuciosa da sequência didática desenvolvida. O momento de problematização foi distribuído ao longo de duas aulas. Na primeira (aula 1), abordou-se a questão problematizadora: "Será que meu celular realmente já não me serve mais e, nesse caso, o que devo fazer com ele?" O objetivo foi promover uma breve troca de ideias com os estudantes, introduzindo a temática e relacionando-a com a realidade deles, suas experiências e contexto social. Essa abordagem visou proporcionar uma percepção inicial de alta qualidade, buscando engajar os alunos e conectá-los ao assunto.

O encerramento da primeira aula envolveu a exibição do vídeo "A História dos Eletrônicos" (*The Story of Electronics*). Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=sW\\_7i6T\\_H78&t=59s](https://www.youtube.com/watch?v=sW_7i6T_H78&t=59s)), parte da série História das Coisas (*Story of Stuff*). Este vídeo abordou a gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE), explorando temas como a obsolescência programada, que é a prática de fabricantes projetarem produtos para se tornarem obsoletos ou inutilizáveis dentro de um determinado período de tempo, impulsionando assim a substituição frequente e aumentando os lucros e a administração dos resíduos eletrônicos, incluindo restauração, reuso, remanufatura, reciclagem, entre outros, todos essenciais para a sociedade e temáticas da química ambiental.

A segunda aula (aula 2), como continuação da anterior, propôs a exibição de um segundo vídeo com o tema "Do que é feito um smartphone?" (*Animação What's a smartphone made of?*). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=eIdJ22AfsO8>). O objetivo aqui foi abordar a obsolescência programada e buscar dados atuais, considerando que o vídeo foi disponibilizado na internet há mais de quatro anos. Para enriquecer a pesquisa, foi fornecido um link adicional.

O encerramento do momento de problematização consistiu na análise de uma charge que destacava as consequências negativas do consumo excessivo de dispositivos

eletrônicos e a falta de consideração pela reciclagem. Isso resulta na exploração insustentável dos recursos naturais e no acúmulo de resíduos eletrônicos.

É crucial ressaltar que o objetivo dessas aulas foi proporcionar um conhecimento introdutório sobre a química ambiental de resíduos eletroeletrônicos. Todas as atividades foram realizadas com diálogos e trocas de ideias para incentivar a participação ativa dos estudantes, estimulando perguntas, compartilhamento de perspectivas e contribuições com experiências pessoais. Essa interação visa possibilitar que os alunos assimilem os conceitos de forma mais profunda, estabelecendo conexões significativas com o conteúdo abordado. Todos os pontos acima entram em consonância com os princípios Freirianos. Segundo Freire (1992), a etapa de problematização desempenha um papel fundamental. Nesse momento, após a apresentação inicial, o professor estimula os estudantes a questionar tanto a si mesmos quanto ao professor, participando ativamente do aprofundamento e desenvolvimento do tema apresentado inicialmente. Ainda de acordo com Freire (1996, p. 34) "O sujeito que se abre ao mundo e aos outros inaugura com seu gesto a relação dialógica em que se confirma como inquietação e curiosidade, como inconclusão em permanente movimento na história".

As próximas nove aulas (aulas 3 a 12) compreendem a fase de organização do conhecimento no desenvolvimento da sequência didática. As aulas 3 e 4 foram concebidas em um formato expositivo e dialogado, organizadas de maneira a abordar temas relacionados à química ambiental, utilizando metodologias diversas. Sugere-se que o professor escolha a abordagem que considerar mais adequada, podendo fazer uso de livro didático, artigos, vídeos e outros recursos que estejam alinhados com a disponibilidade e a estrutura da escola.

Os temas propostos na SD para estudantes do primeiro, segundo ou terceiro ano incluem atividades alinhadas ao componente curricular de química e à BNCC. Entre eles estão: estruturas e propriedades dos metais, reatividade dos metais, tabela periódica, funções inorgânicas, reações de oxirredução, importância dos metais na história e cultura humana, e aspectos de segurança na manipulação de metais e resíduos eletrônicos, sendo este último abordado nas aulas da atividade experimental (aulas 10, 11 e 12). Recomenda-se o uso de vídeos na SD para que o professor explore ou revise esses conteúdos com os estudantes. Os vídeos sugeridos são os seguintes:

1. "Química: Metais e Ligações Metálicas" Disponível em:  
<https://www.youtube.com/watch?v=ZFnEdCpEU6E&t=7s>

2. "Entenda a Tabela Periódica em 10 minutos" Disponível em:  
<https://www.youtube.com/watch?v=Vsnq2hJ2UZc&t=218s>
3. "Funções Inorgânicas / Quer que desenhe?" Disponível em:  
[https://www.youtube.com/watch?v=2OS\\_tVes5gI&t=24s](https://www.youtube.com/watch?v=2OS_tVes5gI&t=24s)
4. "O metal que faz a água explodir (SuperQUÍMICA)" Disponível em:  
<https://www.youtube.com/watch?v=pQ3viLoHe0E&t=105s>
5. "O Metal que faz a água explodir (Química do mal)" Disponível em:  
<https://www.youtube.com/watch?v=EAvnwaGzN58&t=87s>
6. "Reações de Oxirredução" Disponível em:  
<https://www.youtube.com/watch?v=8bpfgUoxSL4>

Esses temas foram considerados sugestivos e relevantes em relação ao enfoque da química ambiental e dos resíduos eletroeletrônicos de telefones celulares. Destaca-se a liberdade do professor para complementar com outros conteúdos, se julgar necessário, levando em consideração o perfil da turma, uma vez que as demandas podem variar e, por vezes, é preciso revisitar tópicos já abordados para fins de assimilação dos conteúdos.

A aula 4 explora a importância dos metais na história e cultura humana, permitindo que os alunos compreendam a relevância desses elementos ao longo do tempo. Para isso, propõe-se a leitura de dois textos que abordam os temas: "Aplicações dos Metais" e "Importância dos Metais na História e Cultura Humana". Na SD, sugere-se que os estudantes realizem a leitura em casa ou durante a aula. O professor também é incentivado a dedicar tempo e proporcionar oportunidades para que os alunos possam dialogar sobre os textos, associando-os ao seu cotidiano. Essa abordagem visa tornar o conhecimento mais significativo e aplicável em suas vidas, contribuindo para o envolvimento e motivação dos alunos no processo de aprendizagem.

Na aula 5, os estudantes são convidados a realizar uma pesquisa na internet sobre a composição dos resíduos eletroeletrônicos, com foco em alguns dos principais metais presentes em telefones celulares, como ouro, prata, cobre, alumínio, lítio e cobalto. A partir dessa pesquisa, eles devem criar uma tabela investigando diversas características desses metais, como a localização na tabela periódica, a função no aparelho celular, a temperatura de fusão, a temperatura de ebulição, a densidade e os efeitos do contato com resíduos desse elemento na saúde humana, se houver. Por fim, devem listar outros equipamentos eletrônicos nos quais esses elementos estão presentes. Links confiáveis que fornecem as informações pretendidas foram disponibilizados para a pesquisa. Durante a

atividade, os alunos terão a oportunidade de aprimorar suas habilidades de buscar informações em fontes confiáveis, organizar dados relevantes e analisá-los de forma crítica.

O professor mediador pode optar por realizar a atividade junto com os estudantes, tornando a aula mais dinâmica e interativa. Essa abordagem permitirá que os estudantes recebam apoio direto durante o processo de pesquisa e preenchimento da tabela, além de facilitar a discussão e o compartilhamento de informações relevantes. Essa atividade proporcionará aos estudantes uma compreensão mais aprofundada sobre os metais presentes em resíduos eletroeletrônicos, bem como suas propriedades e impactos na saúde humana e no meio ambiente. O intuito é tornar essa experiência educacional valiosa e enriquecedora para os estudantes, promovendo um ambiente de aprendizado colaborativo e significativo.

A aula 6 tem como propósito fomentar o desenvolvimento das habilidades de leitura crítica, compreensão de textos e síntese de informações relacionadas à educação ambiental. Durante a atividade, os estudantes, organizados em equipes, terão a oportunidade de ler e analisar textos por meio de telefones celulares, utilizando o QR CODE. O professor pode optar por imprimir os textos ou utilizar a forma que melhor se adequar às especificidades da turma e da escola. Nesses textos, são abordados temas relevantes sobre educação ambiental, contribuindo para aprimorar suas habilidades de leitura crítica, permitindo que identifiquem informações importantes, analisem diferentes perspectivas e extraiam conclusões fundamentadas. Após a leitura dos textos, sugere-se que os estudantes elaborem um quadro descritivo, o qual poderá ser construído no computador no formato de apresentação. O professor tem a liberdade de escolher o formato mais adequado, levando em consideração a realidade da turma.

A apresentação está agendada para a aula seguinte, aula 7. Embora a proposta seja a divisão de um texto para cada grupo, o professor deverá disponibilizar todos os textos por meio de *e-mail*, grupo de *WhatsApp* ou utilizando outro meio de comunicação de preferência, para que os estudantes realizem a leitura posteriormente. Dessa forma, todos terão acesso aos materiais necessários para a atividade. Essa dinâmica de leitura, elaboração do quadro descritivo, bem como as apresentações e discussões em sala de aula proporcionarão aos estudantes uma oportunidade valiosa para desenvolverem suas habilidades de leitura crítica, pesquisa e síntese de informações. Além disso, permitirão o desenvolvimento de habilidades de comunicação e exposição de ideias, ao mesmo

tempo em que aprofundarão seus conhecimentos sobre educação ambiental. O uso de recursos tecnológicos, como telefones celulares e QR CODE, tornará a atividade mais atrativa e envolvente para os estudantes.

Na aula 8, os estudantes são incentivados a conduzir uma pesquisa investigativa para coletar dados e informações sobre a geração de resíduos eletroeletrônicos relacionados aos telefones celulares. Na SD encontra-se um questionário pronto que aborda aspectos relevantes, tais como o descarte apropriado dos dispositivos, a conscientização sobre os impactos ambientais e a disposição dos estudantes em adotar práticas sustentáveis em relação aos aparelhos eletrônicos.

Na aula 9, cada equipe terá a responsabilidade de coletar as respostas da atividade da aula anterior (aula 8) e convertê-las no formato de tabelas, gráficos (são sugeridas duas opções de gráficos: o gráfico de pizza, também conhecido como gráfico de setores, ou o gráfico de barras) ou outros recursos visuais apropriados. O propósito desta aula é proporcionar uma experiência completa de pesquisa e análise de dados, simultaneamente desenvolvendo habilidades de representação visual e estimulando a reflexão sobre questões ambientais relevantes.

Após a conversão dos resultados nos formatos indicados pelo professor mediador, a apresentação dos gráficos e tabelas criados pelas equipes deve ser realizada. Cada grupo deve explicar suas análises e conclusões com base nos dados coletados. Sugere-se incentivar a discussão sobre as percepções da comunidade escolar em relação à gestão de resíduos eletroeletrônicos de telefones celulares e como essas informações podem ser úteis para promover mudanças e conscientização na escola.

A aula encerra-se com uma reflexão sobre a importância da pesquisa e do uso de gráficos e tabelas para representar dados. Discute-se com os estudantes como essas informações podem ser valiosas para a tomada de decisões e para ações futuras em relação à gestão de resíduos eletroeletrônicos de telefones celulares na escola da realidade que o cerca.

Na fase inicial da organização do conhecimento segundo Freire (2005), ocorre uma imersão nos tópicos em pauta, proporcionando aos estudantes familiarizados a compreensão de uma trajetória que se inicia em um aspecto informal e evolui em direção a uma análise crítica mais aprofundada do tema em questão. Esse processo permite que os estudantes construam uma base sólida de entendimento, partindo de conceitos mais simples até alcançar uma perspectiva mais complexa e reflexiva.

Destaca-se que, ao longo da elaboração da SD, reforça-se a ideia de que o professor possui liberdade na decisão de como essas atividades serão apresentadas, considerando que nem todas as escolas dispõem de estrutura e recursos tecnológicos adequados. Em alternativa, o professor pode sugerir que as apresentações sejam realizadas por meio de cartazes, por exemplo.

As aulas 10, 11 e 12 foram estruturadas no formato de aulas experimentais, com a 10 focada na desmontagem de telefones celulares descartados para a recuperação de metais preciosos nas placas de circuito. Destaca-se a ênfase na necessidade do descarte responsável de resíduos eletrônicos e na valorização dos recursos naturais. Aborda-se a geração crescente de resíduos eletrônicos, suas implicações ambientais e para a saúde humana, ressaltando a importância da reciclagem e do uso de equipamentos de proteção durante o processo. A promoção de uma campanha para coleta de dispositivos em desuso é sugerida como meio de sensibilizar a comunidade escolar sobre práticas sustentáveis.

Os materiais necessários para a atividade são detalhados, e os procedimentos incluem a demonstração prática pelo professor, seguida pela desmontagem em grupos, priorizando a segurança. Os estudantes são incentivados a discutir a experiência, identificar componentes e refletir sobre a importância do descarte adequado, fortalecendo seu papel como agentes de mudança para práticas mais sustentáveis na relação com produtos eletrônicos.

Na aula 11, busca-se apresentar uma abordagem sustentável e segura para a recuperação de metais preciosos, especialmente o ouro, presentes em placas de circuito de telefones celulares descartados. Utilizam-se reagentes menos perigosos, como ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), cloreto de sódio ( $\text{NaCl}$ ) e peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ).

Além de promover a economia circular, a prática visa conscientizar sobre o descarte adequado de resíduos eletrônicos, fornece conhecimento sobre técnicas de lixiviação e filtração, e ressaltar a importância da utilização responsável de recursos naturais e da preservação ambiental.

O professor decide entre realizar o experimento em equipes ou fazer a demonstração. Os materiais e procedimentos são detalhados, envolvendo a separação das placas de circuito, sua colocação em um recipiente, preparação de uma solução e o processo de reação que leva à recuperação dos metais preciosos. É crucial que os estudantes compreendam o processo químico, sendo incentivados a observar e prever aspectos da reação.



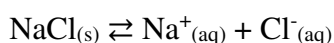
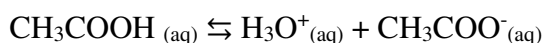
Após essa etapa experimental, o professor realiza uma explicação teórica sobre a interação dos reagentes com o ouro nas placas de circuito, incluindo a discussão das equações químicas envolvidas. Aproveita-se também a oportunidade para revisar alguns conceitos importantes relacionados à compreensão deste experimento, como a natureza das reações químicas e os processos de oxidação.

A aula 12 representa a última etapa da atividade experimental. Após 9 dias, a mistura resultante passa pela fase de filtração, na qual os fragmentos das placas de circuito, evidenciados pela cor amarelada característica do ouro, são separados. Utiliza-se uma pinça metálica para diferenciar os fragmentos maiores dos menores, destacando as partes correspondentes ao ouro e colocando-as sobre um papel toalha. Para remover impurezas, realiza-se a aplicação de água através de um spray. É fundamental salientar aos estudantes que a reação não ocorre de maneira eficiente devido à falta de especificidade dos reagentes para esse tipo de processo.

Antes de detalhar as reações envolvidas, é importante reservar um momento para que os estudantes expressem suas opiniões e ideias. Incentiva-se a discussão e a investigação. Posteriormente, apresentam-se as reações que ocorrem durante o processo, proporcionando uma compreensão mais aprofundada dos fenômenos químicos envolvidos.

Em solução aquosa, o ácido acético se dissocia em íons acetato  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  e íons hidrogênio  $\text{H}_3\text{O}^+$ , enquanto o cloreto de sódio se dissocia em íons sódio  $\text{Na}^+$  e íons cloreto  $\text{Cl}^-$ .

Reação:

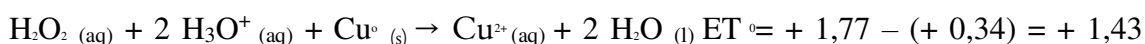
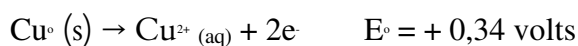
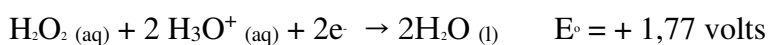


A adição do peróxido de hidrogênio resulta na oxidação do cobre, fazendo com que ele se dissolva na solução na forma de íons. Isso simplifica o processo em que o cobre se “desliga” do ouro nas placas.

Reações:

Semi-reações	E padrão (V)
$\text{H}_2\text{O}_2 \text{ (aq)} + 2 \text{H}_3\text{O}^+ \text{ (aq)} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$	$E^\circ = + 1,77 \text{ volts}$
$\text{Cu}^{2+} \text{ (aq)} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}^0 \text{ (s)}$	$E^\circ = + 0,34 \text{ volts}$

Reação-Global:



Volts

Nesta reação, a água oxigenada atua como um agente oxidante, fornecendo oxigênio nas formas de peróxido de hidrogênio para oxidar o cobre metálico a íons de cobre ( $\text{Cu}^{2+}$ ). Essa oxidação do cobre é uma etapa importante no processo de dissolução do metal para sua subsequente recuperação. Outros metais (como Chumbo (Pb), Cádmiu (Cd), etc.) presentes na placa também serão oxidados. No exemplo apresentado, estamos ilustrando a oxidação do cobre, mas o mesmo processo ocorre com os outros metais.

Como observação, destaca-se que os resíduos resultantes do experimento devem ser descartados em conformidade com as normas de segurança e regulamentos ambientais pertinentes. Em Belo Horizonte, diversas empresas estão dedicadas à coleta de resíduos eletrônicos, algumas das quais estão dispostas a adquirir materiais eletrônicos obsoletos. Um link é disponibilizado para acesso à reportagem no jornal O Tempo, que apresenta informações sobre locais que aceitam lixo eletrônico em Belo Horizonte.

A aula 12 conclui-se com três questões de aprofundamento. A primeira indaga sobre a observação feita durante a recuperação de ouro de componentes eletrônicos de telefones celulares, em que se constatou que uma solução de ácido acético, cloreto de sódio e água oxigenada foi capaz de dissolver outros materiais (trilhas de cobre, componentes eletrônicos, etc.) que compõem a placa de circuito impresso, preservando o ouro. A solicitação é para explicar os processos químicos envolvidos nessa etapa,

destacando como a acidez do ácido acético, a presença do cloreto de sódio e a ação da água oxigenada interagem para permitir a dissolução seletiva de certas espécies, enquanto preservam o ouro. É também solicitada a representação das equações químicas pertinentes.

A questão 1 desafia os estudantes a considerar os princípios de química envolvidos na seleção de reagentes e nas reações químicas que ocorrem durante o processo de recuperação de ouro de telefones celulares. Eles podem explorar conceitos como propriedades ácido-base e oxidação-redução. Durante o processo de recuperação de ouro de componentes eletrônicos de telefones celulares usando uma solução de ácido acético, cloreto de sódio e água oxigenada, vários processos químicos estão envolvidos. O ácido acético atua como um ácido fraco, fornecendo íons hidroxônio ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) para a solução. O cloreto de sódio fornece íons cloreto ( $\text{Cl}^-$ ) e sódio ( $\text{Na}^+$ ). Esses íons podem interagir com os componentes da mistura, auxiliando em processos de solubilização e precipitação. Além disso, o íon cloreto pode formar complexos com íons metálicos, facilitando a remoção seletiva de certos metais. Os metais que podem ser seletivamente removidos durante esse processo dependem da formação de complexos com íons cloreto.

Exemplos comuns incluem metais como mercúrio (Hg), prata (Ag), cobre (Cu), entre outros, que podem formar complexos solúveis com íons cloreto e serem removidos da solução durante os estágios de precipitação ou solubilização. A água oxigenada, que contém peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), é um agente oxidante. A dissolução dos componentes ocorre porque o ouro é menos reativo do que muitos dos outros materiais presentes nos componentes eletrônicos. Os íons  $\text{H}_3\text{O}^+$  do ácido acético diminuem o pH da solução facilitando a oxidação de metais como cobre por exemplo, enquanto o ouro permanece relativamente inerte. A água oxigenada atua como um agente oxidante, ajudando na remoção de materiais orgânicos e na oxidação de alguns metais, tornando-os solúveis. O cloreto de sódio também ajuda na dissolução e na formação de complexos solúveis.

A segunda questão explora a escolha de utilizar ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) em vez de ácido clorídrico (HCl) no processo de recuperação de ouro. A solicitação é explicar as vantagens e desvantagens dessa escolha, considerando as propriedades químicas dos dois ácidos, o impacto ambiental e a segurança do procedimento. Além disso, é solicitado discutir como a escolha do ácido influencia a eficiência da recuperação de ouro. O uso de ácido acético é menos corrosivo e mais seguro para manipulação em comparação com o ácido clorídrico, contribuindo para um ambiente de trabalho mais seguro. O ácido acético

é menos prejudicial ao meio ambiente, gerando menos resíduos tóxicos. Em termos de desvantagens, o ácido acético é menos eficiente na dissolução de alguns materiais indesejados, especialmente metais pesados, em comparação com o ácido clorídrico. Adicionalmente, o processo com ácido acético pode demandar mais tempo para dissolver completamente os componentes, o que pode ser inconveniente em termos de produtividade.

Nessa questão os estudantes são incentivados a considerar as implicações de usar diferentes ácidos no processo, bem como comparar as propriedades químicas e os aspectos ambientais relacionados a essa escolha. Isso os desafia a pensar criticamente sobre as decisões de reagentes em processos químicos e os envolve em discussões sobre segurança e eficiência. A escolha de usar ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) em vez de ácido clorídrico ( $\text{HCl}$ ) para dissolver os materiais indesejados durante o processo de recuperação de ouro tem suas vantagens e desvantagens.

Finalmente, a terceira questão aborda a etapa de filtração, destacando a importância da separação eficiente dos precipitados do líquido para o sucesso do processo de recuperação de ouro. A solicitação é para descrever os princípios químicos subjacentes à filtração e explicar como garantir uma separação eficiente dos sólidos precipitados do líquido. Além disso, é solicitado que se discuta as possíveis consequências caso a filtração não seja realizada de forma adequada e como isso afetaria o processo de recuperação de ouro.

A questão 3 desafia os estudantes a considerar os princípios de filtração, incluindo os fatores que afetam a eficiência desse processo e as possíveis implicações de uma filtração inadequada no contexto da recuperação de ouro. Eles podem explorar conceitos como tamanho de partícula, porosidade do filtro, velocidade de filtração e as consequências de perdas de ouro devido a uma filtração deficiente. Isso promove uma compreensão mais profunda das técnicas de separação utilizadas na química prática.

É recomendada a alocação de um breve período de tempo, após a conclusão do experimento e da atividade de aprofundamento, para fomentar uma reflexão sobre o processo de aprendizagem. Durante essa reflexão, incentiva-se a troca de conhecimentos ao longo de toda a parte experimental, abordando questões de aprofundamento. Os estudantes são estimulados a considerar:

- A capacidade de estabelecerem conexões entre o experimento de recuperação de ouro e outras disciplinas e conhecimentos, ressaltando como os princípios químicos se integram a áreas como meio ambiente, economia e ética.

- A reflexão sobre como os princípios aprendidos podem ser aplicados em diversos contextos e setores, como na indústria de reciclagem, tecnologia, ciências ambientais e química aplicada.

- O estímulo a uma mentalidade de aprendizado contínuo, encorajando os estudantes a reconhecerem que a troca de conhecimento adquirido durante a aula experimental pode servir como base para investigações e descobertas futuras.

Registrando todo o procedimento experimental em vídeo, a filmagem estará disponível no canal da pesquisadora no *YouTube*.

**Link do vídeo disponível no *YouTube*: <https://youtu.be/PnVN6mSdmfI>**

Essa medida visa facilitar a logística do professor, possibilitando a aplicação da atividade mesmo em um formato não presencial.

No segundo momento pedagógico, que se destina a compreender a teoria que sustenta o conteúdo apresentado, Freire (2005) destaca a importância de direcionar o foco para a análise dos significados subjacentes ao conhecimento, levando sempre em consideração o público-alvo para o qual foi concebido. Sua abordagem ressalta a necessidade de evitar uma complexidade excessiva no processo, tornando-o acessível e significativo para os estudantes. Além disso, Freire enfatiza que as aulas devem ser voltadas para a troca de ideias, diálogos e debates, promovendo assim uma aprendizagem participativa e crítica.

A SD culmina no terceiro momento, com as aulas 13 e 14 focadas na aplicação do conhecimento. Na aula 13, os estudantes são convidados a uma reflexão crítica sobre o descarte de celulares e seus impactos ambientais, mantendo o foco na problemática central. O professor inicia a aula com uma breve revisão dos temas abordados na sequência didática, destacando a questão da obsolescência dos celulares e o aumento do descarte inadequado. A partir disso, a problematização inicial "Será que o meu celular realmente não me serve mais?" é retomada, e o professor orienta a formação de grupos pequenos para promover essa reflexão.

Cada grupo compartilha com a turma suas reflexões e soluções, sendo incentivado pelo professor a destacar ideias inovadoras e criativas. Este é o momento de ouvir as opiniões, dúvidas e sugestões dos estudantes sobre o tema. Eles devem resumir as principais ideias discutidas durante as aulas. Destaca-se a responsabilidade individual na redução do impacto ambiental como crucial nessa etapa do processo. É recomendado que o professor realize a distribuição de um questionário aos grupos como meio de auxílio na formulação de respostas direcionadas para a problematização.

A aula 14 é estruturada em torno de exercícios, apresentando palavras cruzadas e questões do ENEM que abordam temas de química ambiental. O propósito desta aula é permitir que os alunos consolidem e apliquem os conceitos de Química Ambiental e resíduos eletroeletrônicos abordados ao longo da SD.

No momento da aplicação do conhecimento, segundo Freire (2005), ocorre uma oportunidade crucial para a conscientização dos estudantes além da alfabetização convencional, alcançando uma visão crítica da sociedade. Sob a égide da educação libertadora e dialógica proposta por Freire, esse momento se torna um espaço privilegiado para a emancipação intelectual e social dos estudantes, estimulando-os a questionar, refletir e agir de forma transformadora. A aplicação do conhecimento transcende os limites da sala de aula, promovendo o empoderamento e a construção de uma consciência cidadã crítica e engajada. A abordagem de Freire destaca a educação como um processo colaborativo, no qual os estudantes desempenham um papel ativo na construção do conhecimento, o que se reflete na utilização de atividades como palavras cruzadas e exercícios baseados no ENEM, visando promover a compreensão crítica e a participação ativa dos estudantes.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, a sensibilização sobre questões ambientais está ganhando cada vez mais importância, e a disciplina de Química pode desempenhar um papel significativo nesse contexto. Explorar os princípios da Química Ambiental por meio dos resíduos eletroeletrônicos de telefones celulares pode ser uma abordagem oportuna e pertinente no ensino de Química. Esta temática combina aspectos químicos com preocupações ambientais, oferecendo um enfoque didático valioso que pode capturar o interesse dos estudantes.

Diante disso, o objetivo geral desta pesquisa foi desenvolver e propor uma sequência didática direcionada aos estudantes do terceiro ano do ensino médio, adaptada para os estudantes do primeiro e segundo ano do ensino médio, a fim de que os professores do ensino médio a aplicassem no ensino de Química Ambiental, com foco na temática "Abordagem de conceitos de Química Ambiental através de resíduos eletroeletrônicos de telefones celulares".

Com a elaboração da sequência didática proposta, o objetivo geral desta pesquisa foi plenamente alcançado. A proposta visa oferecer aos professores do ensino médio uma ferramenta pedagógica eficaz para abordar os conceitos de Química Ambiental de forma contextualizada e atrativa, utilizando os resíduos eletroeletrônicos de telefones celulares como tema principal. Espera-se que essa abordagem estimule a reflexão dos estudantes sobre questões ambientais e promova uma compreensão mais profunda dos princípios químicos envolvidos, contribuindo assim para a formação de cidadãos mais conscientes e engajados com a preservação do meio ambiente.

A sequência didática foi construída com base nos três momentos pedagógicos, os quais desempenharam um papel fundamental no processo de ensino-aprendizagem. No primeiro momento, dedicado à problematização e distribuído ao longo de duas aulas, foram abordadas a relevância do tema e os impactos associados ao uso de vídeos e charges, visando despertar o interesse e a reflexão dos estudantes. No segundo momento, correspondente à organização do conhecimento e distribuído em nove aulas, os estudantes tiveram a oportunidade de aprofundar sua compreensão sobre a temática por meio de vídeos, leitura de artigos, pesquisas e experimentos práticos, incluindo a desmontagem de telefones celulares e a extração de ouro, enriquecendo assim seu repertório de conhecimento.

Durante as aulas 10, 11 e 12, especificamente, que fazem parte do momento da organização do conhecimento, o foco estava na realização de experimentos práticos como parte da organização do conhecimento. Os materiais necessários para as atividades foram detalhados, e os procedimentos incluíram a demonstração prática pelo professor, seguida pela realização da atividade em grupos, com ênfase na segurança. Os estudantes foram encorajados a discutir a experiência, identificar componentes e considerar a importância do descarte apropriado, reforçando seu papel como agentes de mudança para práticas mais sustentáveis no manejo de produtos eletrônicos. A abordagem adotada visou uma recuperação sustentável e segura de metais preciosos, particularmente o ouro, encontrados nas placas de circuito de celulares descartados. Foram utilizados reagentes menos nocivos, como ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), cloreto de sódio ( $\text{NaCl}$ ) e peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ). É importante ressaltar que a atividade experimental foi conduzida apenas como uma demonstração de um método que busca recuperar metais preciosos, especialmente o ouro. O ácido utilizado, no entanto, era relativamente fraco, e resultados mais eficazes poderiam ter sido alcançados com o uso de ácidos mais fortes, como o ácido clorídrico e ácido nítrico. Embora a quantidade de fragmentos de ouro desejada tenha sido obtida em uma escala reduzida, com pequena deposição de cobre, o cerne da atividade foi demonstrar a viabilidade do processo de recuperação de metais e como essa técnica pode preservar nossos recursos naturais quando aplicada em dispositivos considerados obsoletos.

A não aplicação da sequência didática proposta nesta pesquisa pode apresentar várias restrições que impactam diretamente os objetivos e a abrangência da pesquisa. Em primeiro lugar, ao não aplicar a sequência didática na prática, torna-se difícil avaliar verdadeiramente a eficácia das estratégias propostas no contexto educacional. Sem a observação direta das respostas e absorção dos conteúdos pelos alunos, é desafiador validar as conclusões e recomendações do estudo. Além disso, a não implementação da sequência didática impossibilita a verificação de sua viabilidade e aplicabilidade no ambiente escolar, o que reduz sua eficácia como ferramenta educacional. Outra consequência é a incapacidade de identificar possíveis desafios ou obstáculos na execução da sequência, dificultando o ajuste e adaptação das estratégias para diferentes contextos educacionais. Portanto, a ausência de aplicação da sequência didática nesta pesquisa representa uma limitação significativa que prejudica a generalização e aplicação dos resultados alcançados.



Diante da gravidade e urgência do problema do lixo eletrônico, bem como da escassez de trabalhos abordando essa temática, torna-se imperativo desenvolver novas propostas e sequências didáticas voltadas para a integração dos conceitos de química ambiental com os resíduos eletroeletrônicos em geral. A crescente proliferação de dispositivos eletrônicos, como telefones celulares, intensifica a necessidade de sensibilização e educação sobre os impactos ambientais associados à sua produção, uso e descarte inadequado. Nesse contexto, este estudo propõe explorar estratégias inovadoras para o ensino da química, integrando-o ao contexto dos resíduos eletrônicos, visando não apenas ampliar o conhecimento dos estudantes sobre o tema, mas também promover atitudes sustentáveis e responsáveis em relação ao consumo e descarte de produtos eletrônicos. Através dessa abordagem, espera-se contribuir significativamente para a formação de cidadãos mais conscientes e engajados na preservação do meio ambiente.

## 6 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M.E.B. Apresentação. BACICH, L.; MORAN, J. **Metodologias ativas para uma educação inovadora**: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Ed. Penso, 2018.

ANDRÉ, M. (org.) **O Papel da Pesquisa na Formação e na Prática dos Professores**. Campinas, Papirus, 2012.

Área Secreta. O Metal que faz a Água EXPLODIR (QUÍMICA DO MAL). YouTube, 29 de setembro de 2019. 1 vídeo (12min). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=EAvnwaGzN58&t=87s>\_Acesso em: 15 junho de 2023.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Paralelo Editora, 2003.

BALDÉ, C.P., FORTI V., GRAY, V., KUEHR, R., STEGMANN,P. : The Global E-waste Monitor – 2017, **United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Vienna**. Disponível em: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Climate-Change/Documents/GEM%202017/Global-E-waste%20Monitor%202017%20.pdf> Acesso em: 06 fev. 2024.

BARBOSA, A. F. M. **Metais pesados no lixo urbano: uma sequência didática nos moldes da atividade experimental problematizada (AEP)**. Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional. INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO ESPÍRITO SANTO, Vitória, 124f, 2022.

BERBEL, N. As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. **Ciências Sociais e Humanas**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 25-40, jan./jun. 2011.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. Portugal: Porto Editora, 1994.

BORDENAVE, J. D.; PEREIRA, A. M. Como incentivar a participação ativa dos alunos. In: BORDENAVE, J. D.; PEREIRA, A. M. **Estratégias de ensino-aprendizagem**. 23 ed. Petrópolis: Vozes, 2002. p. 133-182.

BRASIL. Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010. Dispõe sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF: **Diário Oficial da União**, 2010. Acesso em 15 fev 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Básica. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/conselho-nacional-de-educacao/base-nacional-comum-curricular-bncc-etapa-ensino-medio> Acesso em: 18 abr. 2023. P. 540-545.

CANDAU, Vera (org.). **Rumo a uma nova didática**. Petrópolis: Vozes, 2002.

CARVALHO, A. M. P. Ensino e Aprendizagem de Ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das Sequências de Ensino Investigativo. In: LONGHINI, M. D. **O Uno e o Diverso na Educação**. Uberlândia: EDUFU, 2011.

CASTRO, Bruna Jamila de. **Química na Educação Básica: Ferramentas Teóricas e Práticas**. Londrina: Eduel, 2021.

CHASSOT, Attico. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**, n. 22, p. 89-100, 2003.

CHEMICALS & POLLUTION ACTION. Como a tecnologia descartável está alimentando uma crise de lixo eletrônico. 21 nov. 2022. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/reportagem/como-tecnologia-descartavel-esta-alimentando-uma-crise-de-lixo>. Acesso em 05 fev 2024.

Ciência em Família. Como tirar OURO de CELULAR velho em casa. YouTube, 01 de março de 2022. Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=UrzRd0\\_VIU&t=66s](https://www.youtube.com/watch?v=UrzRd0_VIU&t=66s). Acesso em: 05 junho de 2023.

CISCATO, Carlos Alberto Mattoso; PEREIRA, Luis Fernando; CHEMELLO, Emiliano; PROTI, Patrícia Barrientos. **Química, CISCATO, PEREIRA, CHEMELLO E PROTI**. São Paulo. V. 1. 1. ed. MODERNA. 2016.

DELIZOICOV, D. **Concepção problematizadora do ensino de ciências na educação formal**. Dissertação de mestrado. São Paulo: IFUSP/FEUSP, 1982.

DELIZOICOV, D.; A., J. A. **Metodologia do ensino de ciências**. 2. ed. rev. São Paulo: Cortez, 2000.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Física**. São Paulo: Cortez, 1990.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P.; PERNAMBUCO, M. M. C. A. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2011.

DESCOMPLICA. **Funções Inorgânicas | Quer que desenhe?** Youtube, 26 de fevereiro de 2019. Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=2OS\\_tVes5gI&t=24s](https://www.youtube.com/watch?v=2OS_tVes5gI&t=24s). Acesso em: 20 setembro de 2023.

DOLZ, J.; NOVERRAZ, M.; SCHNEUWLY, B. Sequências didáticas para o oral e a escrita: apresentação de um procedimento. In: SCHNEUWLY, B.; DOLZ, J. (Org.) (em inglês). **Gêneros orais e escritos na escola**. Campinas: Mercado das Letras, 2004.

DOLZ, J.; NOVERRAZ, M.; SCHNEUWLY, B. Sequências didáticas para o oral e a escrita: apresentação de um procedimento. In: DOLZ, J.; SCHNEUWLY, B. e colaboradores. **Gêneros orais e escritos na escola**. Trad. e Org. de Roxane Rojo e Gláís Sales Cordeiro. Campinas, SP: Mercado das Letras, 2004

FALCI, P. A. **Repensando práticas em educação ambiental: proposta de uma sequência didática.** Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional. UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA, Viçosa, 141f, 2019.

FERREIRA, N. S. As pesquisas denominadas “Estado da Arte”. **Educação e Sociedade**, Campinas, n. 79, p. 257-272, ago., 2002.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia: Saberes necessários à prática Educativa.** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1996.

FREIRE, P. **Pedagogia da esperança: um reencontro com a pedagogia do oprimido.** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1992.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido.** 42. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2005.

FREITAS, D. M. da S. **Na era da tecnologia ou da poluição: a educação ambiental praticada nas escolas públicas do Distrito Federal.** Doutorado em EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS QUÍMICA DA VIDA E SAÚDE (UFSM - FURG). UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, Porto Alegre, 115f, 2016.

FREITAS, M. B. de. **Resíduos eletroeletrônicos como tema de educação ambiental no ensino médio.** Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática. UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA, Uberlândia, 187f, 2018.

FREITAS, S. de O. **Uma proposta de sequência didática para a abordagem do tema metais no ensino médio.** Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional. UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO, Uberlândia, 157f, 2019.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** São Paulo: Atlas, 2008.

GUIMARAES, B. Q. **Uso de biossorventes no tratamento de águas: uma sequência didática em química ambiental'** 27/08/2021 99 f. Mestrado em QUÍMICA. UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO, Vitória, 99f, 2021.

JÚNIOR, S. **Consumismo e o descarte de aparelhos celulares: organização de um clube de ciências online visando a alfabetização científica.** Mestrado Profissional em Ensino de Química em Rede Nacional. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Vila Velha, 109f, 2020.

KIFACIL. Reações de Oxirredução/Reações Redox. Youtube, 19 de junho de 2023. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=8bpfGUoxSL4> Acesso em: 10 de outubro de 2023.

LEITE, J. G. **Uma proposta didática utilizando os três momentos pedagógicos: resíduos eletroeletrônicos e o ensino de circuitos elétricos.** Mestrado Profissional em Ensino de Física – PROFIS. INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA FLUMINENSE, Rio de Janeiro, 150f, 2020.

LEITE, P. R. **Logística Reversa: meio ambiente e competitividade.** 2 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

LIBÂNEO, José Carlos. **Adeus professor, adeus professora? Novas exigências educacionais e profissão docente**. São Paulo: Cortez, 2002.

LIMA, L. de B. **Abordando a poluição hídrica com estudantes do ensino médio por meio de uma sequência didática**. Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, Porto Alegre, 83f, 2019.

LIMA, V. F; MERÇON, F. Metais pesados no ensino de Química. **Química nova na escola**, vol.33, n 4, p.199-205, novembro 2011.

LÔBO, S. F. e MORADILLO, E. F. Epistemologia e a formação docente em química. **Química Nova na Escola**, n. 17, p. 39-41, 2003.

LORENZETTI, L.; SILVA, T. F. da; BUENO, T. N. N. A pesquisa em ensino de Química e sua relação com a prática docente. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 12, n. 1, 2019. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/5020>>. Acesso em: julho de 2022.

LUCA, A. G. O Ensino de Química e algumas considerações. **Linhas**, v. 2, n.1, p. 1-10, 2001.

LUCIANA FRANÇA. Extraíndo OURO de placas de circuito de telefones celulares para recuperação de metais preciosos. YouTube, 01 de março de 2024. Disponível em: <https://youtu.be/PnVN6mSdmfI> Acesso em: 01 de março de 2024.

LUCIANA FRANÇA. Extraíndo OURO de placas de circuito de telefones celulares para recuperação de metais preciosos. **YouTube**, 01 de março de 2024. Disponível em: <https://youtu.be/PnVN6mSdmfI> Acesso em: 01 de março de 2024.

LÜDKE, M. **O Professor e a Pesquisa**. Campinas, Papirus, 2001.

LÜDKE, M; ANDRÉ, M. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MANUAL DO MUNDO. O metal que faz a água explodir (SuperQuímica). YouTube, 7 de fevereiro de 2013. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=pQ3viLoHe0E&t=105s> Acesso em: 15 de junho de 2023.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos da metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MENDONÇA, V. L. **De olho no futuro**. São Paulo: editora ática, 2020.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Educação. **Currículo Referência de Minas Gerais**. Disponível em: < <https://curriculoreferencia.educacao.mg.gov.br/>>. Acesso em: 20 jun. 2023.

MONTIMER, E. Concepções atomísticas dos estudantes. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 01, p.1-4, maio, 1995.

MORAES, Viviane Tavares. **Recuperação de Metais a partir do Reprocessamento mecânico e Hidrometalúrgico de Placas de Circuito Impresso de Celulares Obsoletos**. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais. São Paulo, 135f. 2011. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3133/tde-19042011-100037/publico/Tese\\_Viviane\\_Tavares\\_de\\_Morares.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3133/tde-19042011-100037/publico/Tese_Viviane_Tavares_de_Morares.pdf) Acesso em: 07 fev 2024.

MORÁN, J. Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda. In: BACICH, L.; MORAN, J. **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Ed. Penso, 2018.

MORTIMER, E. F. Pressupostos epistemológicos para uma metodologia de ensino de Química: mudança conceitual e perfil epistemológico. **Química Nova**, v. 15, n. 3, p. 242-249, 1992.

MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D. Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro "Física". **Ciência & Educação**, Bauru, v. 20, n. 3, p. 617-638, 2014. Disponível em: <https://mail.google.com/mail/u/0/?tab=rm&ogbl#search/Caio/FMfcgzGxSRNbBqgqfmJbzbkxJWbjKnnG?projector=1&messagePartId=0.1> Acessado em: 15/03/2024.

NATIONAL GEOGRAPHIC. Meio Ambiente. **Dia Mundial da Reciclagem: por que é importante reciclar o lixo eletrônico?** Redação National Geographic Brasil, publicado em 24 de mai. de 2022, 11:14 BRT, atualizado em 11 de jan. de 2024, 17:18 BRT. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2022/05/dia-mundial-da-reciclagem-por-que-e-importante-reciclar-o-lixo-eletronico> Acesso em 06 fev 2024

NICOLAI, Fernanda Nicole Pinheiro. **Mineração urbana: avaliação da economicidade da recuperação de componentes ricos em Au a partir de resíduo eletrônico (e-waste)**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 242f. 2016. Disponível em: [file:///C:/Users/User/Downloads/TESE\\_Minera%C3%A7%C3%A3oUrbanaAvalia%C3%A7%C3%A3o%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/TESE_Minera%C3%A7%C3%A3oUrbanaAvalia%C3%A7%C3%A3o%20(1).pdf) Acesso em: 05 fev 2024.

OLIVEIRA, A.B. A abordagem dos três momentos pedagógicos no estudo de velocidade escalar média. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 1, p. 188-189, 2018. Disponível em: <https://mail.google.com/mail/u/0/?tab=rm&ogbl#search/caio/FMfcgzGxSRNbBqgqfmJbzbkxJWbjKnnG?projector=1&messagePartId=0.6> Acessado em 15/03/2024.

OLIVEIRA, C. R.; BERNARDES, A. M.; GERBASE, A. E. Collection and recycling of electronic scrap: A worldwide overview and comparison with the Brazilian situation. **Waste Management**, v. 32, p.1592-1610, 2012.

OLIVEIRA, I. T. de; STEIL, L. J.; FRANCISCO JUNIOR, W. E. Pesquisa em ensino de química no Brasil entre 2002 e 2017 a partir de periódicos especializados. **Educação e Pesquisa**, [S. l.], v. 48, n. contínuo, p. 1-24, 2022.

OLIVEIRA, M. C. C. de. **Sequência didática investigativa para o ensino de eletroquímica abordando o descarte de pilhas e baterias**. Mestrado Profissional em

Química em Rede Nacional. UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO, Recife, 156f, 2020.

OLIVEIRA, V.; BORALHO, P.; ALMEIDA JÚNIOR, R.; MASCARENHAS, M.; COSTA, D. Tabela periódica: uma tecnologia educacional histórica. **Revista Eletrônica Debates em Educação Científica e Tecnológica**, v. 05, n. 04, p. 168-186, dezembro, 2015.

ONU. **The Global E-waste Statistics Partnership**. Disponível em: <https://globalewaste.org/>. Acesso em: abril de 2023.

PEDROSA, Raíssa. Não jogue eletrônicos no lixo comum! Conheça lugares em BH para descarte correto. O TEMPO. Belo Horizonte. 17 de dezembro de 2023. Economia. Disponível em: [https://www.otempo.com.br/economia/nao-jogue-eletronicos-no-lixo-comum-conheca-lugares-em-bh-para-descarte-correto-1.3255600?fbclid=PAaAYpUuGbxkEv9vUoZ9c8gKDLFLhzvDkT7fBEIzLcAngjF198JYvnwb4twA\\_aem\\_AVTPHNOZiC0BMdSVMZDSylCAWpik1Q9HliIwq3zvIZPL8Xbof79EKLJv\\_KikPnfN7o](https://www.otempo.com.br/economia/nao-jogue-eletronicos-no-lixo-comum-conheca-lugares-em-bh-para-descarte-correto-1.3255600?fbclid=PAaAYpUuGbxkEv9vUoZ9c8gKDLFLhzvDkT7fBEIzLcAngjF198JYvnwb4twA_aem_AVTPHNOZiC0BMdSVMZDSylCAWpik1Q9HliIwq3zvIZPL8Xbof79EKLJv_KikPnfN7o) Acesso em: 18 out 2023.

PEIXOTO, A. da S. P. **A química dos metais: uma abordagem CTS para discutir a problemática dos resíduos eletroeletrônicos**. Mestrado Profissional em ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS E MATEMÁTICA. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE, Natal, 145f, 2019.

PEREIRA, J. C. N. **Caracterização físico química de águas Recifais costeiras da praia dos Carneiros, Tamandaré/PE como tema estruturador para discussão sobre meio ambiente no ensino médio**. Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional. UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO, 69f, 2021.

PINHEIRO N. A. *et al.* Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. **Ciência & Educação**, v.13, n. 1, p. 71-84, 2007.

PINHEIRO, N. A. M.; BAZZO, W. A. **Educação crítico-reflexiva para um Ensino Médio científico tecnológico: a contribuição do enfoque CTS para o ensino-aprendizagem do conhecimento matemático**. 2005. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

POZO, J. I. **Aprendizes e mestres: A nova cultura da aprendizagem**. Porto Alegre: Artmed, 2003.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o Ensino de Ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5ª. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

PRIARONE, P. C.; INGARAO, G.; SETTINERI, L.; LORENZO, R. On the impact of recycling strategies on energy demand and CO2 emissions when manufacturing Al-based components. **Procedia Cirp**, v.48, p.194-199, 2016.

PUGLIESE, G. O. **Novo ensino médio**. São Paulo: editora Scipione, 2020.

RENATA CARBONERO. Como criar um QR Code - Passo a passo Fácil e Rápido. YouTube, 06 de agosto de 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=NkYd5YvDA9Q> Acesso em: 01 de junho de 2023.

RODRIGUES, A. C. **Impactos socioambientais dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos**: estudo da cadeia pós-consumo no Brasil. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP, Santa Bárbara d'Oeste, 321f. 2007. Disponível em: [https://iepapp.unimep.br/biblioteca\\_digital/pdfs/2006/KFTTMPPVCRXA.pdf](https://iepapp.unimep.br/biblioteca_digital/pdfs/2006/KFTTMPPVCRXA.pdf) Acesso em 05 fev 2024.

ROMANOWSKI, J. P.; ENS, R. As pesquisas denominadas do tipo “estado da arte” em Educação. **Diálogo Educ.**, Curitiba, v. 6, n.19, p.37-50, set./dez. 2006.

SAIBA onde descartar gratuitamente seu lixo eletrônico em Belo Horizonte. **O Tempo**, 03 jan. 2023. Economia. Disponível em: <https://www.otempo.com.br/economia/saiba-onde-descartar-gratuitamente-seu-lixo-eletronico-em-belo-horizonte-1.2791507> Acesso em: 07 fev. 2024.

SAMPAIO, J. S. **Seu óleo vira sabão: uma sequência didática para o ensino de química ambiental na educação profissional técnica em nível médio**. Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ, Santa Cruz, 121f, 2021.

SANCHEZ BLANCO, G.; DE PRO BUENO, A.; VALCÁRCEL PÉREZ, M. A. V. La utilización de um modelo de planificación de unidades didácticas: el estudio de las disoluciones em la educación secundaria. **Revista Enseñanza de Las Ciencias**, V. 15, n. 1, p. 35-50, 1997.

SANTIAGO, C. L. F. **Percepção ambiental de estudantes universitários sobre a gestão e o descarte de resíduos eletroeletrônicos**. Mestrado Profissional em CIÊNCIAS AMBIENTAIS. UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ, Taubaté, 178f, 2017.

SANTOS, C. A. F. **A Gestão dos resíduos eletroeletrônicos e suas consequências para a sustentabilidade**: Um estudo de múltiplos casos na região metropolitana de Porto Alegre. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 131f.2012. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/55137> Acesso em: 05 fev 2024.

SANTOS, J. A. **Metodologia científica**. São Paulo: Futura, 1998.

SANTOS, J. L. S. dos. **Cartilha Digital: O Direcionamento dos Resíduos Eletroeletrônicos Através de Ações Educativas na Educação Básica**. Mestrado Profissional em Rede Nacional para Ensino das Ciências Ambientais. UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO, Recife, 106f, 2021.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 1, n. 7, p.95- 111, 2001.



SÃO PAULO (Estado). Lei Nº 13.576, de 6 julho de 2009. Dispões sobre normas e procedimentos para a reciclagem, gerenciamento e destinação final de lixo tecnológico. São Paulo, SP: **Diário de São Paulo**, 2009. Acesso em 15 fev 2024.

SCHNETZLER, R. P. A pesquisa em ensino de química no Brasil: conquistas e perspectivas. **Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 14-24, 2002.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 23. ed. rev. e ampl. São Paulo: Cortez, 2013.

SILVA, J. C. da. **Slides animados como recurso didático para o emprego em aulas de eletroquímica no ensino médio: uma via sensibilizadora para a educação ambiental crítica**. Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, Rio de Janeiro, 100f, 2022.

SILVA, Renan Santos da; SOUZA, Katiúscia dos Santos de. Momentos pedagógicos e o processo de ensino-aprendizagem de termoquímica. **EDUCA – Revista Multidisciplinar em Educação**, Porto Velho, v. 07, p. 1602-1623, jan./dez., 2020. Disponível em: <https://mail.google.com/mail/u/0/?tab=rm&ogbl#search/caio/FMfcgzGxSRNbBqgqfmJbzbkxJWbjKnnG?projector=1&messagePartId=0.3> Acessado em: 14/03/2024.

SOCRATICA PORTUGUÊS. Química: Metais e Ligações Metálicas electronics. YouTube, 7 de fevereiro de 2015. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ZFnEdCpEU6E&t=7s> Acesso em: 15 de junho de 2023.

TANSKANEN, P. Management and recycling of electronic waste. **Acta Materialia**, v. 61, p.1001-1011, 2013.

TED-ED. **What's a smartphone made of?** – Kim Preshoff. YouTube, 1 de outubro de 2018. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=eIdJ22AfsO8> Acesso em: 10 de junho de 2023.

TELECO. **Estatísticas de Celulares no Brasil**. Disponível em: <https://www.teleco.com.br/ncel.asp>. Acesso em 06 fev 2024.

THE STORY OF STUFF PROJECT. **The Story of electronics**. YouTube, 4 de novembro de 2010. Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=sW\\_7i6T\\_H78&t=59s](https://www.youtube.com/watch?v=sW_7i6T_H78&t=59s) Acesso em: 10 de junho de 2023.

TODA MATÉRIA. Entenda a TABELA PERIÓDICA em 10 minutos. YouTube, 08 de abril de 2021. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Vsnq2hJ2UZc&t=218s> Acesso em: 15 junho de 2023.

UREL, D. É. Paulo Freire e os três momentos pedagógicos. **Scientia Naturalis**, vol. 4, n.1, p.49-59, 2022. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Documents/PESQUISA/Referencial%20Te%C3%B3rico/6242-Texto%20do%20artigo-21219-1-10->

20221019%20Paulo%20freire%20e%20os%20Tr%C3%AAs%20momentos%20pedag%C3%B3gicos.pdf Acessado em: 13/03/2024.

VASCONCELOS, C. C. de. **Educação ambiental e o descarte de resíduos eletrônicos: Um estudo de caso na instituição de ensino superior Faculdade Eça de Queirós, no município de Jandira - São Paulo.** Mestrado Profissional em Saúde Ambiental CENTRO UNIVERSITÁRIO DAS FACULDADES METROPOLITANAS UNIDAS, São Paulo, 113f, 2015.

VATS, M. C.; SINGH, S. K, Assessment of gold and silver in assorted mobile phone printed circuit boards (PCBs): **Original article**, v. 45, p.280–288, nov 2015. DOI: 10.1016/j.wasman.2015.06.002. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26112260>. Acesso em 07 fev 2024

VATS, M. C.; SINGH, S. K. Assessment of gold and silver in assorted mobile phone printed circuit boards (PCBs). **Waste Management**, v. 45, p. 280–288, nov. 2015. DOI: 10.1016/j.wasman.2015.06.002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X15004146?via%3Dihub> Acesso em: 07 fev. 2024.

VOCÊ sabe o que é mineração urbana? **Portal da Mineração**, 01 nov. 2023. Disponível em: <https://portaldamineracao.com.br/voce-sabe-o-que-e-mineracao-urbana/> Acesso em: 06 fev. 2024.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem.** São Paulo. Martins Fontes, 1991 [1934].

WALDMAN, Maurício. **Lixo: Cenários e desafios.** São Paulo: Editora Cortez, 2010.

WU, B. Y.; CHAN, Y. C., MIDDENDORF, A., GU, X., ZHONG, H. W. Assessment of toxicity potential of metallic elements in discarded electronics: A case study of mobile phones em China. **Journal of Environmental Science**, 20, 1403-1408. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1001074208622408> Acesso em: 15 fev 2024

XAVIER, L. H.; LINS, F. A. F. Mineração Urbana de resíduos eletroeletrônicos: Uma nova fronteira a explorar no Brasil. **Brasil Mineral**, n.379, p. 23, 2018. Disponível em: <https://www.cetem.gov.br/antigo/images/periodicos/2018/mineracao-urbana.pdf> Acesso em 06 fev 2024.

YANG, Haichao, ZHANG, Sheng, YE, Weifeng. Emission reduction benefits and efficiency of e-waste recycling in China[J]. **WASTE MANAGEMENT**,2020,102:541-549. Disponível em: <https://ir.lzu.edu.cn/handle/262010/441399> Acesso em: 13 fev 2024.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar.** Trad. Ernani F. da Rosa. Porto Alegre: ArtMed, 1998.