



UNIVERSIDADE
FEDERAL RURAL
DE PERNAMBUCO



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO PRÓ-REITORIA DE
PÓS-GRADUAÇÃO DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL**

KAROLINNY GOMES DA SILVA

**SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA PARA O ENSINO DE REAÇÕES
QUÍMICAS NO 9º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL**

RECIFE

2025

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO PRÓ-REITORIA DE
PÓS-GRADUAÇÃO DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL**

KAROLINNY GOMES DA SILVA

**SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA PARA O ENSINO DE REAÇÕES
QUÍMICAS NO 9º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL**

Dissertação de mestrado apresentada à
Universidade Federal Rural de Pernambuco
- UFRPE, como requisito para obtenção do título
de Mestre em Química pelo Mestrado Profissional
em Química em Rede Nacional.

Orientador: Prof. Dr. Lucas dos Santos Fernandes

**RECIFE
2025**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

S586s Silva, Karolinny Gomes da
Sequência de ensino investigativa para o ensino de reações químicas no 9º ano do ensino fundamental / Karolinny Gomes da Silva. – 2025.
71 f.: il.

Orientador(a): Lucas dos Santos Fernandes.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede nacional - PROFQUI, Recife, BR-PE, 2025.
Inclui referências e apêndice(s).

1. Química – Estudo e ensino 2. Reações químicas 3. Prática de ensino 4. Ensino fundamental I. Fernandes, Lucas dos Santos, orient.
II. Título

CDD 540.7

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que, de alguma maneira, contribuíram para a realização deste trabalho e para a minha jornada acadêmica. Este é um momento de expressar minha gratidão a cada pessoa que esteve ao meu lado.

Agradeço primeiramente, a Deus que me oportunizou e me capacitou para enfrentar os desafios diários, desde a aprovação na seleção inicial, bem como a aprovação em cada etapa do curso do mestrado profissional. As aprovações nas disciplinas curriculares, na proficiência e na qualificação, estas conquistas somadas me fizeram chegar onde estou e continuar perseverante a finalizar.

Agradeço à minha família por ser meu apoio em meio aos desafios do cotidiano, por me acalmar quando a ansiedade em acertar me tomava, por acreditarem no meu potencial e continuarem me apoiando até o final. À paciência que tiveram em me acolher e demonstrar tanto carinho por mim.

Ao meu filho Enzo Gomes, a razão da minha vida e motivo de ter entrado na pós-graduação. Ele que alegra meus dias e me faz ter força para seguir, que me motiva a ser feliz e grata pelo que temos. Ele que ressignificou o conceito de amor na minha vida.

Agradeço ao meu marido, Thacio Moraes, que me apoia em todos os desafios. Obrigada por suas palavras de apoio e seu carinho sem igual. Amo você.

Agradeço ao meu orientador, professor Lucas Fernandes, que tem uma forma tão carinhosa e respeitosa de nos tratar, tão generoso em suas contribuições nesta dissertação, que me ajudou a entender como a pesquisa se fundamenta e o tipo de profissional de educação que devemos ser e que eu quero continuar seguindo.

RESUMO

As estratégias inovadoras no ensino de Química dentro da Educação Básica são voltadas principalmente para o Ensino Médio regular. Dessa forma, existem poucas pesquisas voltadas para outros níveis, como para os Anos Finais do Ensino Fundamental. Nesse nível de ensino, as pesquisas centram-se quase que exclusivamente em turmas de 9º Ano. Diante das deficiências do ensino de Química nos Anos Finais do Ensino Fundamental e das potencialidades do ensino por investigação, o presente estudo tem como objetivo geral: *Investigar a aplicação de uma sequência de ensino investigativa (SEI) para o ensino de reações químicas nos Anos Finais do Ensino Fundamental em uma turma do 9º Ano do Ensino Fundamental de uma escola particular da região metropolitana de Recife*. Este estudo faz uso do método qualitativo, pois os dados serão analisados de forma descritiva e interpretativa. Foram realizadas duas pesquisas independentes e complementares: 1. uma revisão sistemática da literatura; 2. Pesquisa interventiva de aplicação de uma SEI. A pesquisa de revisão sistemática da literatura foi realizada nos anais das três últimas edições do Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ) realizadas em 2021, 2023 e 2024. Foi realizada uma pesquisa interventiva de aplicação de uma SEI sobre reações químicas que foi aplicada em uma turma de estudantes do 9º Ano do Ensino Fundamental de uma escola particular da região metropolitana de Recife. Os participantes desta pesquisa foram estudantes da turma 9º A, composta por 20 alunos. A SEI foi vivenciada em quatro aulas. Na primeira foi apresentado um problema real e os alunos foram instigados a solucioná-lo através de um experimento. Na segunda aula, os estudantes discutiram possíveis soluções e participaram de experimentos demonstrativos de reações de combustão. Na terceira aula, os estudantes realizaram o experimento novamente, com algumas modificações. Na quarta aula, os estudantes foram reapresentados ao problema inicial e buscaram solucioná-lo. Os resultados da revisão sistemática da literatura apontam para a escassez de pesquisas em ensino de Química voltadas para o Ensino Fundamental. Por sua vez, a pesquisa interventiva de aplicação revelou que os estudantes pouco conhecem as reações químicas e apresentam dificuldades de compreensão quanto aos níveis de conhecimento teórico, fenomenológico e representacional relacionados a esse objeto de conhecimento. A aplicação da SEI mostrou-se satisfatória, pois foi percebido que as soluções dos estudantes para o problema proposto evoluíram ao longo do tempo. Ainda assim, muitas soluções mostraram-se insatisfatórias, indicando a necessidade de reformulação da SEI e a complexidade do ensino de reações químicas nos Anos Finais do Ensino Fundamental. O produto educacional elaborado pretende ser uma alternativa para os professores que lecionam Ciências no 9º Ano. Nesse sentido eles poderão aplicar a SEI proposta com as devidas adaptações em seus contextos escolares.

Palavras-chave: Ensino Fundamental, reações químicas, sequência de ensino investigativa.

ABSTRACT

Innovative strategies for teaching chemistry in basic education are primarily aimed at regular high school. Therefore, there is little research focused on other levels, such as the final years of elementary school. At this level, research focuses almost exclusively on 9th-grade classes. Given the shortcomings of chemistry teaching in the final years of elementary school and the potential of inquiry-based teaching, this study has the following general objective: To investigate the application of an inquiry-based teaching sequence (ISS) for teaching chemical reactions in the final years of elementary school in a 9th-grade class at a private school in the metropolitan region of Recife. This study uses a qualitative method, as the data will be analyzed descriptively and interpretively. Two independent and complementary studies were conducted: 1. a systematic literature review; 2. an interventional study of the application of an ISS. The systematic literature review was conducted on the proceedings of the last three editions of the National Meeting on Chemistry Teaching (ENEQ) held in 2021, 2023, and 2024. Interventional research was conducted on the application of a SEI (Introduction to Chemistry) on chemical reactions to a class of 9th-grade students at a private school in the metropolitan area of Recife. Participants in this study were students from the 20-student 9th-grade A class. The SEI was implemented in four classes. In the first, a real-life problem was presented, and students were encouraged to solve it through an experiment. In the second class, students discussed possible solutions and participated in experiments demonstrating combustion reactions. In the third class, the students performed the experiment again, with some modifications. In the fourth class, students were reintroduced to the initial problem and sought to solve it. The results of the systematic literature review highlight the scarcity of research on chemistry teaching aimed at elementary school students. In turn, the interventional application research revealed that students have little knowledge of chemical reactions and have difficulty understanding the levels of theoretical, phenomenological, and representational knowledge related to this subject. The application of the SEI proved satisfactory, as it was observed that students' solutions to the proposed problem evolved over time. Nevertheless, many solutions proved unsatisfactory, indicating the need to reformulate the SEI and the complexity of teaching chemical reactions in the final years of elementary school. The educational product developed aims to be an alternative for teachers teaching science in the 9th grade. In this sense, they will be able to apply the proposed SEI with appropriate adaptations in their school contexts.

Keywords: Elementary School, Chemical reactions, investigative teaching sequence.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 06 |
| 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 10 |
| 2.1 ENSINO POR INVESTIGAÇÃO | 10 |
| 2.2 ENSINO DE QUÍMICA NOS ANOS FINAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL | 15 |
| 2.3 O ENSINO DE REAÇÕES QUÍMICAS NOS ANOS FINAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL | 17 |
| 3 METODOLOGIA | 22 |
| 3.1 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA SOBRE ENSINO DE QUÍMICA NOS ANOS FINAIS DO ENSINO FUNDAMENTAIS | 22 |
| 3.2 PESQUISA INTERVENTIVA DE APLICAÇÃO | 22 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 28 |
| 4.1 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA | 28 |
| 4.2 SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA (SEI) | 39 |
| 4.2.1 Soluções Iniciais para o Problema | 39 |
| 4.2.2 Etapas intermediárias da SEI | 42 |
| 4.2.3 Soluções Finais para o Problema | 45 |
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 49 |
| REFERÊNCIAS | 50 |
| APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL | 54 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|-----------|
| Figura 1: Etapas de uma Sequência de Ensino Investigativa | 17 |
| Figura 2: Focos de interesse da química | 20 |
| Figura 3 Níveis de conhecimento químico. | 21 |
| Figura 4: Combustão da lã de aço. | 22 |
| Figura 5: Mecanismo reacional da reação de esterificação | 23 |
| Figura 6: Distribuição dos trabalhos sobre o ensino de reações químicas no ensino fundamental. | 32 |
| Figura 7: Linhas de pesquisas. | 40 |
| Figura 8: Público alvo. pág | 40 |
| Figura 9: Reações de combustão do papel | 46 |
| Figura 10: Reações de combustão da lã de aço. pág | 47 |
| Figura 11: Reação entre bicarbonato de sódio e vinagre. | 48 |
| Figura 12: Solução aluno 25 | 51 |
| Figura 13: Solução aluno 15. | 52 |

LISTA QUADROS

| | |
|--|-----------|
| Quadro 1; Graus de liberdade. | 15 |
| Quadro 2: Sequencia de ensino investigativa. | 27 |
| Quadro 3: Rúbricas de desempenho de reações químicas. | 31 |
| Quadro 4: Estudos sobre ensino de Química no nível fundamental nos anais do ENEQ. | 33 |
| Quadro 5: Classificação das soluções finais para o problema proposto. | 50 |

1 INTRODUÇÃO

Segundo Pavão (2011), o ensino de Ciências na Educação Básica é um importante elemento formador de cidadania. A alfabetização científica proporciona aos estudantes uma prática de grande valor social, a prática científica, que resulta em consequências inevitáveis no dia a dia do cidadão. Por isso, para a formação do cidadão, o ensino de Ciências deve ser acompanhado por reflexões sobre a natureza do processo científico, seus métodos e suas relações com os condicionantes sociais. Uma posição crítica em relação ao fazer científico e seus produtos habilita o aluno ao pleno exercício de sua cidadania. O foco não está centrado na formação de futuros cientistas. Estamos falando sobre a formação de cidadãos.

Ensinar Ciências, sob essa perspectiva, implica dar atenção a seus produtos e a seus processos. Implica oportunizar o contato com um corpo de conhecimentos que integra uma maneira de construir entendimento sobre o mundo, os fenômenos naturais e seus impactos em nossas vidas. Implica, portanto, não apenas reconhecer os termos e os conceitos canônicos das Ciências de modo a poder aplicá-los em situações reais, pois o componente da obsolescência integra a própria Ciência e o modo como dela e de seus conhecimentos nos apropriamos (Sasseron, 2015).

Para Souza (2022) as concepções de ensino empregadas nos componentes curriculares científicos dependem da concepção de Ciência adotada socialmente. Nessa perspectiva, as ideias prévias dos alunos levam à ampla possibilidade de debates e formulação de questões problematizadoras.

Traçando um paralelo entre o ensino tradicional e o ensino por investigação, infere-se que o ensino tradicional coloca o aluno como tábua rasa e engessado na posição de participar do processo de ensino-aprendizagem apenas na ótica de recebimento da informação (Pozo; Crespo, 2009). Sendo distante a relação professor-aluno e colocando o docente, por vezes, em uma posição verticalizada e superior frente aos discentes. O ensino tradicional traz consigo algumas barreiras quando se trata de aproximar os objetos de conhecimento dos estudantes, pois não valoriza os conhecimentos prévios e a contextualização.

Na perspectiva do ensino por investigação, o professor traz à luz problemas que devem levar os estudantes em direção a uma solução satisfatória. O ensino por investigação, traz como desafio que o professor coloque em prática habilidades que

ajudem os estudantes a resolver problemas a eles apresentados, devendo interagir com seus colegas, com os materiais à disposição, com os conhecimentos já sistematizados e existentes. Ao mesmo tempo, o ensino por investigação exige que o professor valorize pequenas ações do trabalho e compreenda a importância de colocá-las em destaque como, por exemplo, os pequenos erros e/ou imprecisões manifestados pelos estudantes, as hipóteses originadas em conhecimentos anteriores e na experiência de sua turma, as relações em desenvolvimento (Sasseron, 2015).

Para Freire, a educação não deve visar à ruptura com a curiosidade ingênua, fundada na vivência cotidiana, em prol dos conhecimentos formais, mas sim, sua superação. Na concepção freireana, é importante que a curiosidade ingênua, desarmada e associada ao saber do senso comum, seja criticizada, tornando-se curiosidade epistemológica (Freire, 2015).

Segundo Freire (2015), é dever do professor e mais, amplamente, da escola, não só respeitar os saberes que chegam à escola, sobretudo, trazidos por estudantes das classes populares e que são saberes construídos socialmente na prática comunitária. Como também, o dever de “discutir com os alunos a razão de ser de alguns desses saberes em relação com o ensino dos conteúdos” (Freire, 2015, p. 31).

Além disso, como é sabido, na perspectiva do ensino investigativo, o professor ocupa posição diferente de quando se desenvolve um ensino nos moldes tradicionais ou diretivos. É requerida, portanto, que o docente assuma uma postura de facilitador, mediador, “ativador” dos debates, das interações, das discussões, enfim, dos processos relacionados ao desenvolvimento da investigação, de modo que se favoreça o compartilhamento da autoridade epistêmica em sala de aula.

É certo que o ensino de Ciências apresenta conceitos científicos com o objetivo de levar à alfabetização científica, que, seria a capacidade de saber ler a linguagem em que está escrita a natureza, desvendando os códigos da Ciência, de modo que os alunos reconheçam o papel dos saberes científicos na sociedade, posicionando-se de maneira crítica e responsável em favor da Ciência. Para que isso ocorra, se faz necessária a vinculação de práticas problematizadoras e argumentativas que despertem o viés investigativo empregado nos métodos científicos (Souza, 2022).

Para Fumagalli (1998), a formação de uma atitude científica (saberes

atitudinais) está intimamente vinculada ao modo como se constrói o conhecimento (saberes procedimentais) e essa forma é gerada pela interação com um objeto particular de conhecimento (saberes conceituais). Essa última afirmação coloca-nos diante de uma nova questão, a estruturação da estratégia de ensino que privilegia a articulação entre os diversos saberes.

O ensino investigativo visa, entre outras coisas, que o aluno assuma atitudes típicas do fazer científico, como indagar, refletir, discutir, observar, argumentar, explicar e relatar suas descobertas. Dentro dessa abordagem, os professores deixam de simplesmente transmitir conhecimentos aos alunos, que passam a ser mais ativos, e não meros receptores de informações. É necessário que as atividades contribuam para o desenvolvimento da capacidade de reflexão dos alunos, de modo que o conhecimento anterior baseie a construção de novos conhecimentos. Assim, o professor deve orientar os alunos ao longo do processo de investigação, proporcionando condições para que entendam o que estão fazendo (Batista, 2018).

O presente estudo justifica-se pelos resultados insuficientes, em termos de aprendizagens, alcançados pelo ensino tradicional. Propomos como alternativa o ensino por investigação, uma abordagem centrada no aluno e que vem alcançando resultados promissores em termos de aprendizagens e de desenvolvimento de habilidades e competências (Campos; Nigro, 1999).

O estudo realizado por Khalaf e Mohammed Zin (2018), mostra a dicotomia entre o ensino tradicional e o ensino por investigação. Nesse sentido, os alunos ensinados a partir de abordagens investigativas apresentaram desempenho significativamente maior em termos de conhecimentos, habilidades de pensamento crítico e atitudes positivas em relação à Ciência.

As estratégias inovadoras no ensino de Química dentro da Educação Básica são voltadas principalmente para o Ensino Médio regular. Dessa forma, existem poucas pesquisas voltadas para outros níveis, como para os Anos Finais do Ensino Fundamental. Nesse nível de ensino, as pesquisas centram-se quase que exclusivamente em turmas de 9º Ano (Silva *et al.*, 2007). Contudo, segundo a Base Nacional Comum Curricular (2018), existem objetos de conhecimento relacionados à Química em outras séries dos Anos Finais do Ensino Fundamental na área de Ciências da Natureza. Nessa perspectiva, segundo Guimarães e Faria (2019, p. 257):

[...] ensinar Química no Ensino Fundamental não é antecipar conteúdos que serão vistos no Ensino Médio, promovendo o processo de memorização de fórmulas e ensinar cálculos não é o necessário para se dizer que estudou Química. Pelo contrário, a Química no Ensino Fundamental deve ser apresentada como uma área que dialoga com as demais proporcionando a convergência entre a teoria exposta e a observação do fenômeno vista no cotidiano pelo educando.

Particularmente, o ensino de Química nos Anos Finais do Ensino Fundamental é deficiente, por diversos motivos, a saber: i)- professores de Biologia ministrando conteúdos objetos de conhecimento relacionados à Química, Física e Geociências (Maldaner *et al.*, 2010); ii)- deficiências tanto na formação específica quanto na pedagógica (Milaré; Alves Filho, 2010).

Diante dessas deficiências do ensino de Química nos Anos Finais do Ensino Fundamental e das potencialidades do ensino por investigação, o presente estudo tem como objetivo geral:

- *Investigar a aplicação de uma SEI para o ensino de reações químicas nos Anos Finais do Ensino Fundamental em uma turma do 9º Ano do Ensino Fundamental de uma escola particular da região metropolitana de Recife.*

E como objetivos específicos:

- *Analisar a produção bibliográfica sobre o ensino de reações químicas nos Anos Finais do Ensino Fundamental nos anais das três últimas edições (2021, 2023 e 2024) do Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ).*

- *Elaborar uma SEI sobre reações químicas destinada a estudantes do 9º Ano dos Anos Finais do Ensino Fundamental;*

- *Avaliar os resultados da aplicação da SEI;*

- *Elaborar uma cartilha com a SEI construída.*

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Fundamentação Teórica deste estudo encontra-se dividida em três tópicos: 2.1 Ensino por Investigação; 2.2 O Ensino de Química no nos Anos Finais do Ensino Fundamental; 2.3 O Ensino de Reações Químicas nos Anos Finais do Ensino Fundamental.

2.1 ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

O ensino por investigação é um modelo de ensino com muitas adaptações (Munford; Lima, 2007). Dessa forma, é preciso situar em que sentido estamos utilizando-o neste trabalho. De acordo com Munford e Lima (2007), existem alguns equívocos associados ao ensino por investigação: (i)- envolve obrigatoriamente atividades experimentais; (ii)- envolve necessariamente atividades abertas nas quais os estudantes têm total liberdade para definir os rumos da tarefa; (iii)- o modelo de ensino por investigação deve ser utilizado para ensinar todos os objetos de conhecimento previstos no currículo escolar. Buscando evitar esses equívocos, a presente pesquisa assume os pressupostos teóricos e metodológicos do ensino por investigação discutidos a seguir.

O presente estudo apoia-se nas definições teóricas e metodológicas de ensino por investigação encontradas nos trabalhos da professora Anna Maria Pessoa de Carvalho (Carvalho, 2013; 2018; 2011a; 2011b; 2012), principal expoente brasileiro sobre esse modelo de ensino.

Segundo Carvalho (2018, p. 766):

Definimos como ensino por investigação o ensino dos conteúdos programáticos em que o professor cria condições em sua sala de aula para os alunos:

- pensarem, levando em conta a estrutura do conhecimento;
- falarem, evidenciando seus argumentos e conhecimentos construídos;
- lerem, entendendo criticamente o conteúdo lido;
- escreverem, mostrando autoria e clareza nas ideias expostas.

Essa definição ampla de ensino por investigação permite que esse modelo de ensino possa ser aplicado em nos mais diversos níveis de escolaridade para abordar quaisquer objetos de conhecimento. Na perspectiva de Carvalho (2013), a aplicação

do ensino por investigação ocorre por meio de sequências de ensino investigativas (SEI), definidas como:

[...] sequências de atividades (aulas) abrangendo um tópico do programa escolar em que cada atividade é planejada, do ponto de vista do material e das interações didáticas, visando proporcionar aos alunos: condições de trazer seus conhecimentos prévios para iniciar os novos, terem ideias próprias e poder discuti-las com seus colegas e com o professor passando do conhecimento espontâneo ao científico e adquirindo condições de entenderem conhecimentos já estruturados por gerações anteriores (Carvalho, 2013, p. 9).

Uma SEI compreende uma sequência de aulas com objetivos de aprendizagem definidos previamente em relação a um ou mais objetos de conhecimento. Ao longo da SEI os estudantes são confrontados com problemas e deverão mobilizar seus conhecimentos e construir novos saberes para solucioná-los. A resolução do problema deve representar para o aluno um patamar de progresso. Para isso, podem ser utilizados problemas relacionados ao cotidiano dos estudantes. Dessa forma, o estudante poderá perceber mais facilmente que a solução do problema resultou em progresso em termos de conhecimentos, procedimentos e/ou atitudes.

Recentemente, Carvalho (2018, p. 767) afirmou que:

[...] uma SEI é uma proposta didática que tem por finalidade desenvolver conteúdos ou temas científicos. Este tema é investigado com o uso de diferentes atividades investigativas (por exemplo: laboratório aberto, demonstração investigativa, textos históricos, problemas e questões abertas, recursos tecnológicos). Em qualquer dos casos, a diretriz principal de uma atividade investigativa é o cuidado do(a) professor(a) com o grau de liberdade intelectual dado ao aluno e com a elaboração do problema.

Em relação ao grau de liberdade dos alunos, existem SEI nas quais os estudantes participam desde a etapa de proposição do problema até a etapa de socialização das soluções. O grau de liberdade dos alunos deve ser calculado pelo professor a partir das experiências vivenciadas com seus alunos. Dessa forma, uma SEI com maior grau de liberdade podem ser aplicadas em turmas nas quais os estudantes já estejam acostumados com atividades de ensino investigativas. Da mesma forma, uma SEI com menor grau de liberdade pode ser aplicada em turmas inexperientes quanto ao ensino por investigação. O Quadro 1 apresenta uma gradação dos graus de liberdade:

Quadro 1 - Graus de liberdade em uma SEI.

| | GRAU I | GRAU II | GRAU III | GRAU IV | GRAU V |
|-------------------|--------|---------|----------|---------|--------|
| Problema | P | P | P | P | A |
| Hipóteses | P | P | P | A | A |
| Plano de trabalho | P | P | A | A | A |
| Obtenção de dados | A | A | A | A | A |
| Conclusões | P | A | A | A | A |

Fonte: Carvalho (2011b, p. 55).

A elaboração do problema é um momento determinante para o sucesso da SEI. Carvalho (2013), afirma que um bom problema deve fazer parte do cotidiano do aluno e apresentar uma motivação intrínseca que leve à resolução. Por sua vez, um problema precisa estar adequado ao nível cognitivo dos estudantes, caso contrário pode gerar desinteresse por ser fácil demais ou demasiadamente difícil. É importante destacar ainda que o enunciado de um problema é idiossincrático, ou seja, o que para um estudante pode ser um problema, pode não ser para outro. Adotamos neste trabalho a definição de problema de Echeverría e Pozo (1998, p. 16):

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

Considerando essa definição, Carvalho (2013) ainda orienta que o problema deve permitir a ligação entre os conhecimentos espontâneos e os conhecimentos científicos. Essa ligação é importante, pois os conhecimentos espontâneos podem auxiliar na construção dos conhecimentos científicos (Pozo; Crespo, 2009).

Carvalho (2011a) aponta quatro pontos importantes para a construção de uma SEI:

- A importância de um problema para um início da construção do conhecimento.
- Passar da ação manipulativa para a ação intelectual.
- A importância da tomada de consciência de seus atos para a construção do conhecimento.
- As diferentes etapas das explicações científicas.

Além do caráter didático, o problema tem potencial epistemológico, tendo em vista que alguns epistemólogos, como Bachelard e Laudan consideram que o conhecimento é produzido quando um problema científico é solucionado (Bachelard, 1996; Laudan, 2011).

Em relação ao segundo ponto, é preciso que os estudantes numa SEI manipulem os equipamentos, materiais e substâncias, num primeiro momento, mas que também reflitam sobre essa manipulação. Dessa forma, após a reflexão a manipulação dos equipamentos, materiais e substâncias será de forma intencional, com algum objetivo. Essas passagens entre a ação material e a ação intelectual e vice-versa são importantes, pois guiam os alunos na direção da resolução do problema.

Quanto ao terceiro ponto, é fundamental que o professor aponte ou que os alunos tomem consciência das suas ações ao longo do processo de resolução do problema. Não se chega a uma solução de forma despercebida, portanto é essencial que os alunos tomem consciência de que suas ações manipulativas e intelectuais o levaram em direção à resolução do problema.

Por fim, em se tratando do ensino por investigação, a solução do problema e o processo de resolução devem guardar semelhanças com as investigações científicas. Nesse sentido, eles podem fazer uso da linguagem científica em termos de vocabulário, equações, gráficos, tabelas, etc. Assim como os cientistas não se acomodam até chegar a uma solução satisfatória, os estudantes também precisam se apropriar do problema e perseguir uma solução que os satisfaça.

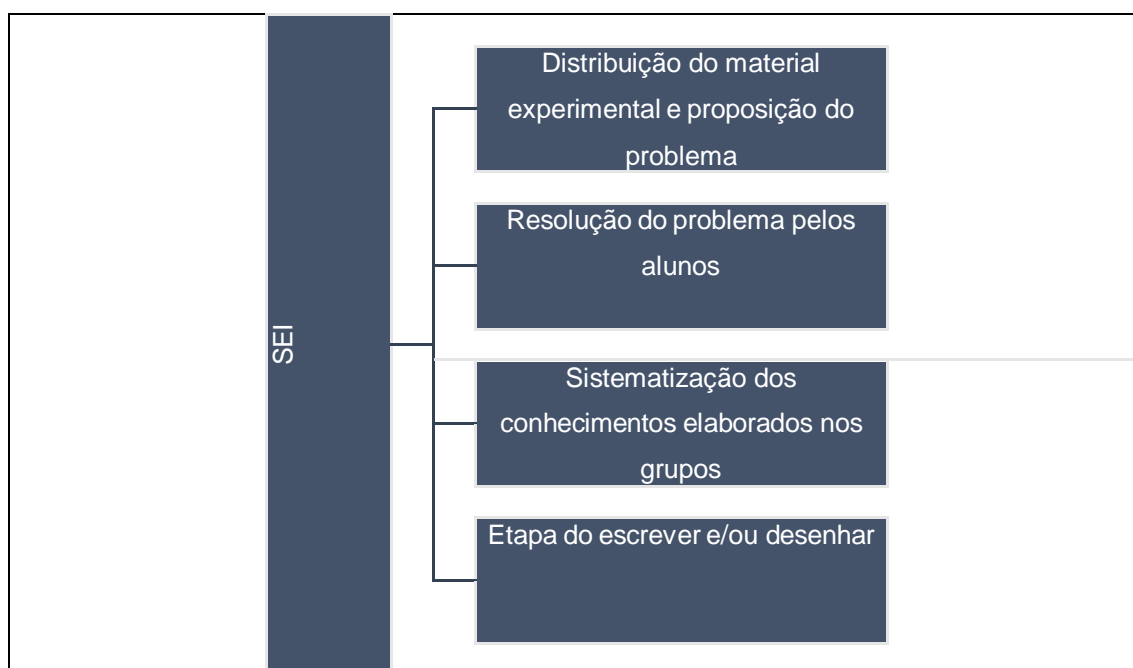
Carvalho (2011a) propõe oito aspectos que orientam o planejamento de uma SEI:

- Participação ativa do estudante;
- Interação aluno-aluno;
- Papel do professor enquanto elaborador de questões;
- Criação de um ambiente encorajador;
- O ensino a partir do conhecimento que o aluno traz para a sala de aula;
- Proposição de problemas significativo para os alunos;
- Consideração das relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS);
- Passagem da linguagem cotidiana para a linguagem científica.

Considerando esses aspectos pode-se planejar e aplicar uma SEI com potencialidade para a construção de conceitos, procedimentos e atitudes visando a alfabetização científica dos estudantes (Gil; Vilches, 2001; Campos; Nigro, 1999).

A Figura 1 apresenta as etapas gerais de uma SEI experimental de acordo com Carvalho (2013):

Figura 1 - Etapas de uma SEI.



Fonte: Elaborada pela autora.

Na primeira etapa, o professor divide a turma em grupos, distribui o material experimental e apresenta o problema. Durante a segunda etapa, os alunos constroem e testam hipóteses visando a solução do problema. A terceira

etapa ocorre quando os estudantes terminam de solucionar o problema. Nesse momento, o professor recolhe o material experimental e inicia um debate com o objetivo de sistematizar o conhecimento produzido pelos alunos. O professor utiliza as soluções para o problema para estimular o debate entre os estudantes. Por fim, na quarta etapa, o professor pede aos alunos que, individualmente, escrevam e/ou desenhem o que aprenderam nas aulas anteriores da SEI.

Considerando as orientações teóricas e metodológicas quanto ao ensino por investigação, neste estudo foi construída e aplicada uma SEI sobre reações químicas destinada a estudantes do 9º Ano dos Anos Finais do Ensino Fundamental.

2.2 ENSINO DE QUÍMICA NOS ANOS FINAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL

Até a implantação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), o Ensino Fundamental abordava a Química e a Física apenas no último ano (8ª Série ou 9º Ano após a implantação do Ensino Fundamental de nove anos após 2011). No que se refere à Química, eram ministrados conteúdos que seriam aprofundados no 1º Ano do Ensino Médio. Nesse período, alguns pesquisadores denunciavam que as aulas de Ciências do Ensino Fundamental eram marcadas pelo enfoque biológico (Kinalski; Zanon, 1997). Uma possível explicação para isso poderia ser a formação inicial dos professores que ensinavam esse componente curricular: Ciências Biológicas (Maldaner *et al.*, 2010). Nessa perspectiva, como os professores eram formados em Biologia, privilegiava-se os aspectos biológicos no ensino de Ciências.

Após a implantação da BNCC, os objetos de conhecimento relacionados à Química estão agrupados no componente curricular denominado Ciências e diluídos ao longo das séries que compõem os Anos Finais do Ensino Fundamental (6º e 9º Anos). Entre os objetos de conhecimento relacionados à Química no 6º Anos estão: (i)- Misturas homogêneas e heterogêneas; (ii)- Separação de materiais; (iii)- Materiais sintéticos; (iv)- Transformações químicas (Brasil, 2018). Já no 9º Ano foram incluídos os seguintes objetos de conhecimento relativos à Química: (i)- Aspectos quantitativos das transformações químicas; (ii)- Estrutura da matéria (Brasil, 2018).

Quanto ao ensino de Química no Ensino Fundamental, Marcelino Júnior (2020, p. 142) afirma que “Embora se reconheça a dificuldade de abordar alguns conceitos químicos nesse estágio escolar, não se deve desconsiderar a capacidade dos alunos em aprendê-los”. Há algum tempo considerava-se que estudantes desse nível de ensino não poderiam construir conhecimentos relacionados às Ciências Naturais por envolverem modelos abstratos, linguagem científica e equações matemáticas. Contudo, é possível ensinar Ciências de forma qualitativa buscando contextualizar os objetos de conhecimento com o cotidiano dos estudantes. Nesse sentido, podemos citar que a vida dos alunos é permeada por transformações químicas (amadurecimento de vegetais, ferrugem, etc.), misturas homogêneas (vinagre, álcool 70%) e heterogêneas (água e óleo, etc), processos de separação de misturas (filtração, catação, peneiração, etc).

Considerando que a escola é o lugar de socialização da cultura, a cultura científica deve ser abordada, assim como outras expressões culturais, como as línguas, esportes, religiões, artes, etc. Nesse sentido, Fumagalli (1998, p. 16) afirma que “O corpus de conhecimento das ciências naturais é parte constitutiva da cultura elaborada; portanto, é válido considerá-lo como conteúdo do conhecimento escolar”.

Fumagalli (1998) defende que no Ensino Fundamental os estudantes podem aprender conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. Em relação aos conceitos, a autora afirma que não se deve esperar mudanças conceituais profundas, mas o enriquecimento dos esquemas de conhecimento aproximando-os da dimensão científica. Quanto aos procedimentais, podem ser construídas atividades que conduzam os estudantes ao trabalho experimental científico sem esquecer o rigor e a criatividade típicos da Ciência. Por sua vez, os atitudinais estão relacionados à curiosidade, desejo de aprender, crítica fundamentada, comunicação, cooperação, etc.

Gioppo *et al.*, (1998) apontam que no Ensino Fundamental podem ser utilizados experimentos qualitativos e repletos de significados para os estudantes. Esse nível de ensino não demanda a realização de experimentos complicados, exaustivos e que necessitem de materiais, equipamentos e substâncias de alto custo. A experimentação no Ensino Fundamental deve articular a teoria e a prática em relação aos objetos de conhecimento que estão

sendo abordados em sala de aula. Não há uma hierarquia entre teoria e prática ou uma ordem, o que existe é a complementariedade entre conhecimentos teóricos e práticos que queremos que os estudantes construam.

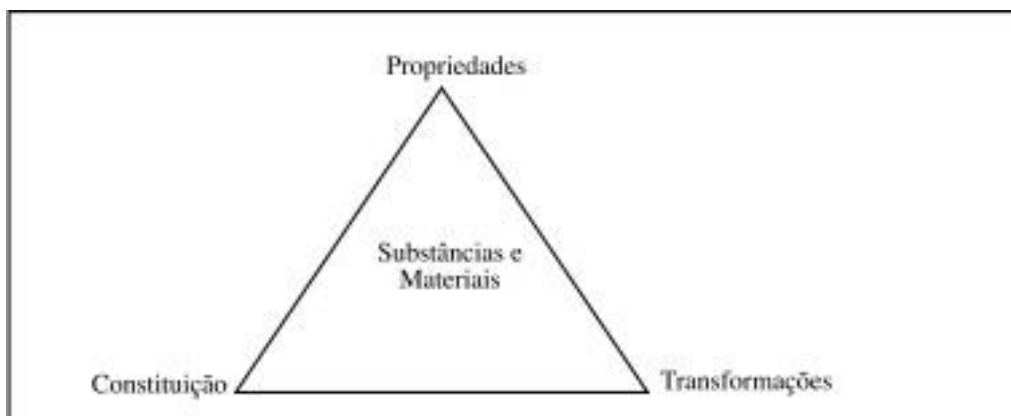
Consideramos que o ensino de Química nos Anos Finais do Ensino Fundamental é um espaço de muitas potencialidades para o desenvolvimento de estratégias didáticas que buscam a compreensão do conhecimento químico pelos estudantes. Nesse sentido, o uso da experimentação, jogos didáticos, textos históricos, e outras estratégias podem ser utilizados nesse nível de ensino, que ainda é carente de pesquisas na área de ensino-aprendizagem de Química.

2.3 O ENSINO DE REAÇÕES QUÍMICAS NOS ANOS FINAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL

A temática transformação química pode ser considerada um eixo central e estruturador no ensino de Química (Mortimer; Miranda, 1995), conforme observado na BNCC na qual esse objeto de conhecimento aparece tanto nos Anos Finais do Ensino Fundamental quanto no Ensino Médio. Este documento propõe que o percurso para a compreensão de reações químicas se inicie na identificação de evidências a partir da junção de materiais que originam produtos diferentes e que, no decorrer dos anos evolua até a compreensão dos aspectos quantitativos e submicroscópicos envolvidos (BRASIL, 2018).

As transformações químicas constituem um dos focos de interesse da Química, conforme a Figura 2:

Figura 2 – Focos de interesse da Química.

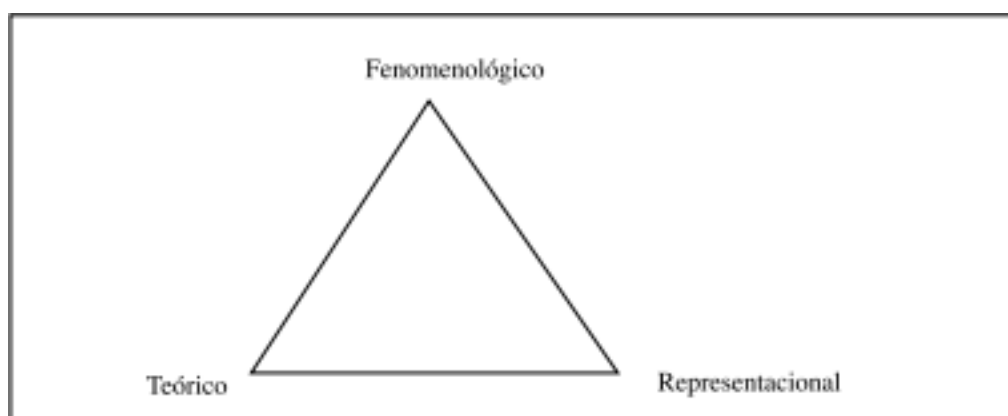


Fonte: Mortimer; Machado; Romanelli (2000, p. 276).

Para o ensino de Química, compreender os fenômenos que ocorrem diariamente em nossas vidas, nos traz informações importantes que nos proporcionam conhecimento útil na formação enquanto cidadãos e um melhor entendimento crítico do mundo físico que nos rodeia. Os estudantes sentem relativa dificuldade na diferenciação entre transformações químicas e físicas e é natural que surjam dúvidas nessa compreensão (Barbosa; Costa, 2020).

O entendimento das transformações químicas requer que o aluno transite entre os níveis do conhecimento químico teórico, fenomenológico e representacional (Machado, 2014; Mortimer; Machado; Romanelli, 2000). A Figura 3 apresenta os níveis do conhecimento químico:

Figura 3 - Níveis de conhecimento químico.

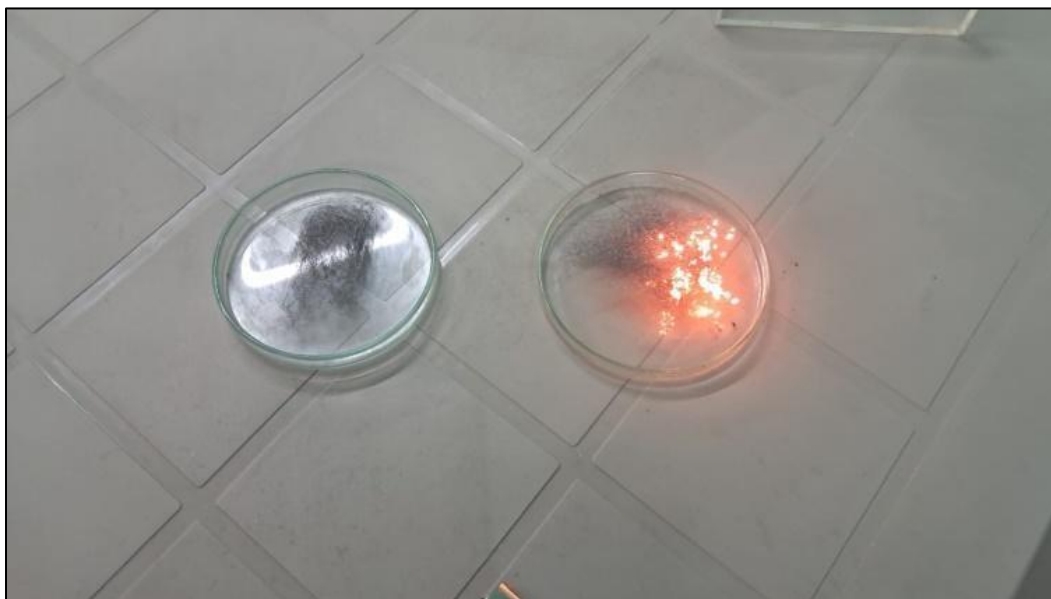


Fonte: Mortimer; Machado; Romanelli (2000, p. 277).

No nível teórico do conhecimento químico estão os átomos, moléculas, íons e teorias que auxiliam na compreensão das reações químicas. Esse nível é mais abstrato e complexo. É por meio da teoria atômica que se explica as reações químicas e a conversão dos reagentes em produtos.

Por sua vez, no nível fenomenológico estão as reações químicas que ocorrem na natureza, nos laboratórios e em nosso próprio corpo. Esse nível de conhecimento é menos abstrato, pois diversas reações químicas podem ser observadas com e sem o auxílio de equipamentos. A Figura 4 apresenta a reação de combustão da lâ de aço:

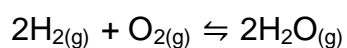
Figura 4 - Combustão da lã de aço.



Fonte: Acervo da autora.

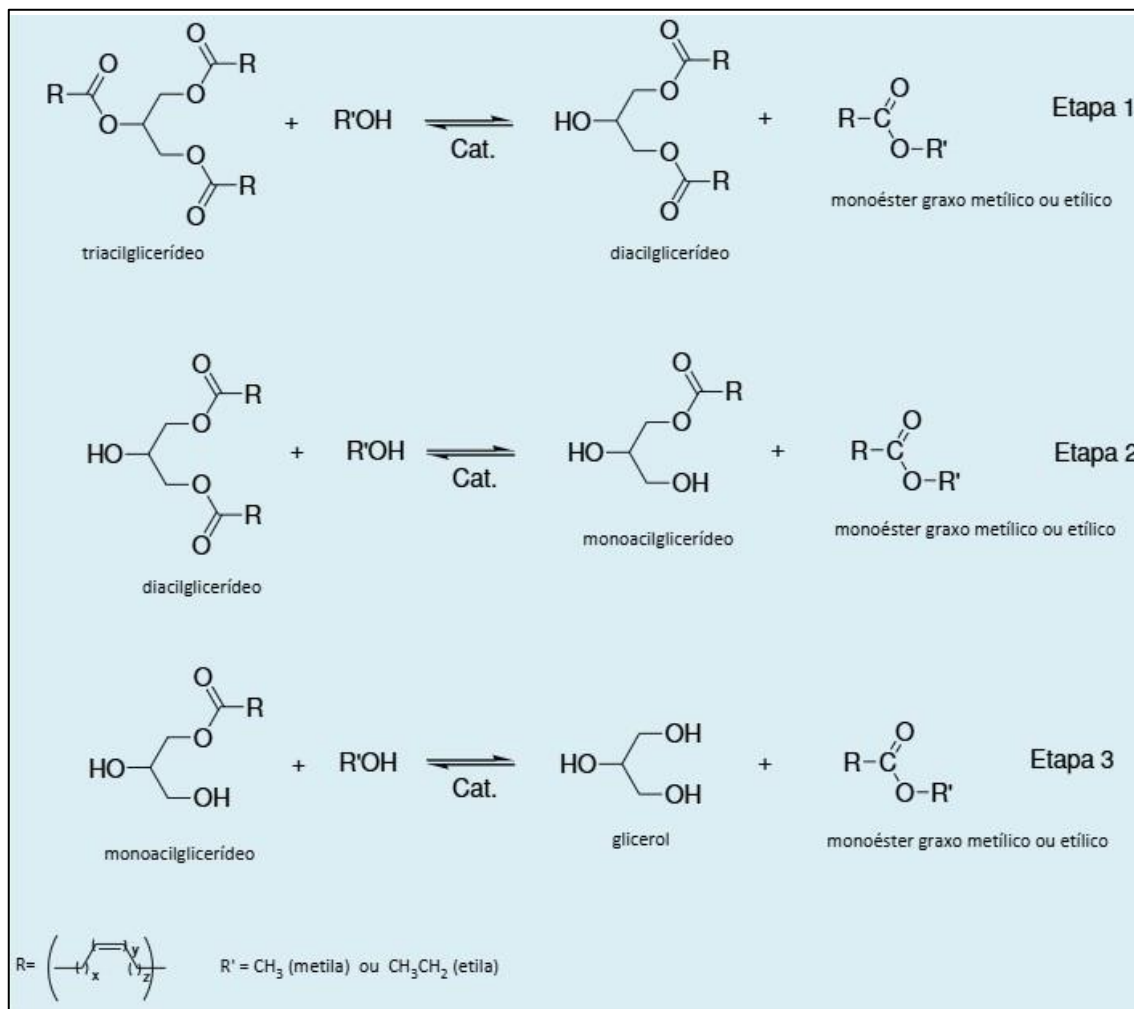
O aspecto fenomenológico é o mais conhecido dos estudantes em relação às reações químicas, pois muitas vezes acompanha mudanças visuais significativas, tais como: liberação de gases, formação de precipitados e mudanças de coloração.

Quanto ao aspecto representacional, em nível básico, as reações químicas são apresentadas por meio de equações químicas:



Em nível mais avançado, as reações químicas são apresentadas por meio de mecanismos em várias etapas. A Figura 5 apresenta o mecanismo de reação correspondente à reação de transesterificação em meio alcalino:

Figura 5 - Mecanismo da reação de transesterificação.



Fonte: Meneghetti; Meneghetti; Brito (2013, p. 70).

Ao transitar por esses três níveis de conhecimento químico, o estudante terá compreendido significativamente as reações químicas.

Reis, Schwarzer e Strohschoen (2020, p. 3) realizaram um estudo sobre o ensino de reações químicas envolvendo experimentação com estudantes do 9º Ano dos Anos Finais do Ensino Fundamental, no qual concluíram que:

Ao realizar o experimento utilizando substâncias químicas, os alunos se sentiram próximos da construção do conhecimento científico, puderam perceber que a teoria desenvolvida em sala de aula pode ser relacionada com a prática vivenciada por eles.

A abordagem experimental favorece a construção de conhecimentos sobre reações químicas no nível fenomenológico de conhecimento. Dessa

forma, durante a experimentação, os níveis teórico e representacional precisam ser destacados.

Em uma sistematização das pesquisas sobre o ensino de reações químicas, com estudantes dos Anos Finais do Ensino Fundamental, Mortimer e Miranda (1995), observaram que:

[...] os alunos muitas vezes se prendem aos aspectos perceptivos das transformações, apresentam dificuldades em transitar entre os níveis fenomenológico e atômico-molecular na explicação desses fenômenos e não reconhecem a conservação da massa em todos eles.

Ao justificarem a pertinência das transformações químicas na Educação Básica, Rosa e Schnetzler (1998, p. 31) afirmam que:

[...] assumimos que o estudo das transformações químicas contribui para o entendimento do impacto causado pelo avanço da indústria química moderna no meio ambiente. Podemos considerar, por exemplo, o conjunto de problemas gerados pelo lixo produzido pela sociedade capitalista moderna. O estudo das transformações químicas que ocorrem no lixo pode auxiliar a compreender por que, neste caso, os plásticos se transformaram em um problema ambiental, provocando a necessidade de os químicos começarem a produzir plásticos biodegradáveis. Compreender a ocorrência e os mecanismos das transformações químicas permite ainda o entendimento de muitos processos que ocorrem diariamente em nossas vidas, como o metabolismo, a ação de medicamentos, o cozimento de alimentos, entre tantos outros exemplos.

Diante do exposto, consideramos importante a proposição de uma SEI sobre reações químicas aplicada nos Anos Finais do Ensino Fundamental. O processo de construção e aplicação da SEI será apresentado a seguir.

3 METODOLOGIA

Este estudo faz uso do método qualitativo, pois os dados serão analisados de forma descritiva e interpretativa (Lüdke; André, 2014). Foram realizadas duas pesquisas independentes e complementares: 1. uma revisão sistemática da literatura; 2. Pesquisa interventiva de aplicação de uma SEI. Os procedimentos metodológicos de cada uma serão descritos separadamente.

3.1 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA SOBRE ENSINO DE QUÍMICA NOS ANOS FINAIS DO ENSINO FUNDAMENTAIS

A pesquisa de revisão sistemática da literatura foi realizada nos anais das três últimas edições do Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ) realizadas em 2021, 2023 e 2024. Essas edições foram escolhidas para análise levando em consideração que outra pesquisa já havia mapeado os trabalhos sobre o Ensino Fundamental nas cinco últimas edições do ENEQ realizadas entre 2010 e 2018 (Cristiano *et al.*, 2021).

Nesses anais do ENEQ foram pesquisadas a palavra-chave: 'fundamental'. Esse termo deveria aparecer nos títulos dos trabalhos. Esse termo foi escolhido, pois capta nosso objetivo que é avaliar apenas os trabalhos aplicados ao Ensino Fundamental. Utilizando esses parâmetros, foram identificados e coletados resumos simples e trabalhos completos. A análise desse *corpus* foi realizada considerando os seguintes critérios: linha de pesquisa, público-alvo e tipo de trabalho. Os resultados dessa pesquisa encontram-se no capítulo dos resultados.

3.2 PESQUISA INTERVENTIVA DE APLICAÇÃO

Os resultados da revisão sistemática da literatura revelaram uma lacuna em relação à estudos sobre reações químicas no Ensino Fundamental. Diante desse cenário, foi realizada uma pesquisa interventiva de aplicação de uma SEI sobre reações químicas que foi aplicada em uma turma de estudantes do 9º Ano do Ensino Fundamental de uma escola particular da região metropolitana de Recife.

A vivência da SEI corresponde a uma pesquisa interventiva de aplicação. Segundo Teixeira e Megid Neto (2017, p. 1068-1069), as pesquisas interventivas de aplicação são:

[...] “investigações baseadas em projetos nas quais as prioridades de investigação são definidas integralmente pelos pesquisadores. Envolvem o planejamento, a aplicação (execução) e a análise de dados sobre o processo desenvolvido, em geral, tentando delimitar limites e possibilidades daquilo que é testado ou desenvolvido na intervenção.

A SEI aplicada neste estudo apresentou duração de quatro aulas, uma para cada etapa segundo a estrutura sugerida por Carvalho (2013).

No presente estudo foi aplicada uma SEI sobre reações químicas visando a abordagem das seguintes habilidades previstas na BNCC para os Anos Finais do Ensino Fundamental:

(EF06CI02) Identificar evidências de transformações químicas a partir do resultado de misturas de materiais que originam produtos diferentes dos que foram misturados (mistura de ingredientes para fazer um bolo, mistura de vinagre com bicarbonato de sódio etc.) (Brasil, 2018, p. 345).

(EF09CI02) Comparar quantidades de reagentes e produtos envolvidos em transformações químicas, estabelecendo a proporção entre as suas massas (Brasil, 2018, p. 351).

A habilidade (EF09CI02) prevista para o 9º Ano é um aprofundamento da habilidade (EF06CI02) prevista para o 6º Ano. Dessa, forma a SEI elaborada buscou retomar os conhecimentos produzidos em séries anteriores e aprofundá-los. No 6º Ano os estudantes entram em contato com os aspectos qualitativos das reações químicas. Por sua vez, no 9º Ano esses aspectos precisam ser retomados e acrescidos dos aspectos quantitativos.

Nesse sentido, o enfoque quantitativo foi abordado através do princípio da conservação da massa, comparando-se a quantidade de átomos e de elementos químicos diferentes nos reagentes e nos produtos.

Também foram enfatizadas as passagens entre os três níveis do conhecimento químico: teórico, fenomenológico e representacional. É essencial que os estudantes saibam representar as reações químicas por meio de equações e interpretá-las utilizando a teoria atômico-molecular, visto que já foi vislumbrado o conteúdo de reações químicas e suas representações.

A partir desses objetivos de aprendizagem foi elaborada uma SEI experimental que parte de um problema e da realização de um experimento. Ao longo da aplicação da SEI esperava-se que os estudantes passassem da ação manipulativa para a ação intelectual e vice-versa e que tomassem consciência de que suas ações impactam a resolução do problema proposto e da construção de conhecimentos sobre as reações químicas.

A presente pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética na Pesquisa com Seres Humanos e teve decisão favorável segundo o parecer nº 7.726.747.

Baseando-se nas etapas para a construção de SEI experimentais definidas por Carvalho (2013) foi construída a SEI apresentada no Quadro 2:

Quadro 2 - Sequência de Ensino Investigativa.

| Aulas | Atividades |
|-------|--|
| 1 | <p>Apresentação do Problema: Mariana viu em vídeos nas redes sociais que a mistura entre vinagre e bicarbonato de sódio pode ser usada na limpeza doméstica. Ao misturar essas substâncias ela se assustou com a formação de bolhas e se afastou com medo de ser um gás venenoso. Por que se formaram bolhas após a mistura? Que gás é esse? Como esse fenômeno pode ser explicado a nível atômico- molecular? Como representar o que ocorreu? Qual a quantidade de átomos e de elementos químicos antes e depois da reação química?</p> <p>Distribuição de kits experimentais para a realização da mistura entre vinagre e bicarbonato de sódio.</p> <p>Solicitação que os estudantes, em grupo, pesquisassem uma solução para o problema na aula seguinte.</p> |
| 2 | <p>Discussão sobre as soluções para o problema buscando aproximação com os três níveis do conhecimento químico. Realização de reações de combustão de papel e lã de aço buscando evidenciar o princípio da conservação das massas durante as reações químicas. Após a combustão foi feita a pesagem para evidenciarmos o que aconteceu com as suas massas, e discutimos os fatores que podem ter influenciado na mudança das massas (Figura 9) e da lã de aço (Figura 10).</p> |

| | |
|---|---|
| 3 | Repetição do experimento, mas coletando o gás em um balão de borracha. Após aproximar o balão de uma vela acesa e deixar o gás sair. Repetir várias vezes até o gás acabar. Discussão sobre o porquê da vela ter apagado e a relação entre o primeiro e o segundo experimento. |
| 4 | Reapresentação do problema e solicitação que os estudantes individualmente produzissem uma solução. |

Fonte: Elaborado pela autora.

Cada aula da sequência de ensino acima, foi ministrada em encontros de 2 aulas geminadas (90 minutos). Na primeira aula, o professor dividiu a turma em grupos de até cinco componentes e entregou uma folha com o problema. Após a leitura coletiva do problema, o professor verificou se todos entenderam o enunciado e distribuiu os kits experimentais para cada grupo:

- Frasco com 50g de bicarbonato de sódio;
- Recipiente com 150mL de vinagre;
- Garrafa PET transparente de 1,5L;
- Balão de borracha;

Utilizando esses materiais e reagentes solicitou-se que cada grupo misturasse os reagentes de forma que o gás produzido fosse coletado. Não foi fornecido qualquer tipo de roteiro. Utilizando o kit distribuído, os estudantes estabeleceram procedimentos experimentais nos quais a reação ocorreu e o gás produzido foi coletado. O papel do professor nesse momento foi de fazer uma avaliação formativa, direcionando, sem dar a resposta, os estudantes para o procedimento mais adequado para executar o experimento.

Por fim, os estudantes foram incitados a pesquisarem e apresentarem uma solução para o problema na aula seguinte.

Na segunda aula, o professor pediu que cada grupo apresentasse a sua solução do problema apresentado na primeira aula. Após cada grupo apresentar a sua solução, o professor iniciou um debate buscando evidenciar se a resolução foi satisfatória ou não e por quê. Ao longo dos debates o professor buscou interpretar a

reação química realizada utilizando os três níveis do conhecimento químico: teórico, fenomenológico e representacional (Machado, 2014). Por fim, o professor escreveu a equação química que descreveu o experimento no quadro, destacando os reagentes e produtos e contando a quantidade de átomos e de elementos químicos no início e ao final da reação.

Durante a terceira aula, o professor refez o experimento, porém utilizando gás produzido na reação para apagar a chama de uma vela. Nesse momento ele discutiu como os produtos da reação podem ser aproveitados para alguma finalidade. Nesse sentido, iniciou-se uma discussão sobre os extintores de incêndio à base de CO₂.

Na quarta aula, o professor solicitou que os estudantes solucionassem o problema individualmente, problema que foi apresentado na primeira aula a turma.

A coleta de dados foi realizada a partir das soluções para o problema na primeira e na última aula da SEI. Também foram coletados dados das aulas da SEI em um diário de bordo, onde a professora/pesquisadora anotou os aspectos mais importantes vivenciados pelos estudantes: dúvidas, comentários, sugestões, etc.

A partir da análise dos dados da resolução de cada aluno, referente ao problema proposto foi realizada o estudo das rubricas de desempenho. Segundo Fernandes (2021, p. 4):

Para a grande maioria dos autores, as rubricas deverão incluir o conjunto de critérios que se considera traduzir bem o que é desejável que os alunos aprendam e, para cada critério, um número de descrições de níveis de desempenho. Ou seja, para um dado critério, poderemos ter, por exemplo, três, quatro ou mesmo cinco indicadores ou descritores de níveis de desempenho que deverão traduzir, se quisermos, orientações fundamentais, para que os alunos possam regular e autorregular os seus progressos nas aprendizagens que têm de desenvolver. Assim, numa rubrica, deveremos ter sempre dois elementos fundamentais: um conjunto coerente e consistente de critérios e um conjunto muito claro de descrições para cada um desses critérios.

As rubricas de desempenho são evidências do encaminhamento das aprendizagens dos estudantes em relação às reações químicas. As rubricas de desempenho construídas para avaliar a resolução do problema são apresentadas no Quadro 3:

Quadro 3 - Rubricas de desempenho sobre reações químicas.

| RUBRICA DE DESEMPENHO | | | |
|--|--|---|--|
| Crítérios | Satisfatório | Parcialmente Satisfatório | Insatisfatório |
| Identificação de reagentes e produtos | Identificou corretamente todos os produtos e reagentes | Identificou pelo menos um reagente e produto corretamente | Identificou incorretamente todos os produtos e reagentes |
| Nível fenomenológico do conhecimento químico sobre reações químicas | Explica corretamente o borbulhamento por meio da liberação de gás | Não se aplica | Explica incorretamente o borbulhamento após a mistura dos reagentes |
| Nível representacional do conhecimento químico sobre reações químicas | Representou corretamente a reação química do ponto de vista atômico-molecular | Não se aplica | Representou incorretamente a reação química do ponto de vista atômico-molecular |
| Análise da quantidade de átomos e elementos químicos nos reagentes e nos produtos | Verificou que a quantidade de átomos de cada elemento químico é igual nos reagentes e nos produtos | Não se aplica | Verificou que a quantidade de átomos de cada elemento químico é diferente nos reagentes e nos produtos |

Fonte: Elaborado pela autora.

As rubricas foram utilizadas para avaliar as respostas referentes ao último momento da SEI, e analisar as respostas dos participantes da pesquisa.

A identidade, fotografias ou imagens dos participantes da pesquisa não serão divulgados. Todos os dados coletados serão utilizados exclusivamente para fins de pesquisa. Antes da coleta de dados, os responsáveis pelos estudantes receberam um termo de consentimento explicitando como a pesquisa será realizada. Participaram da pesquisa aqueles estudantes cujos pais devolveram o termo de consentimento assinado. Além disso, este projeto foi submetido ao Comitê de Ética na Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Como Produto Educacional foi elaborada uma cartilha com a SEI visando a aplicação em outros contextos do ensino de Química nos Anos Finais do Ensino Fundamental no Brasil (Apêndice A).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente foram discutidos os resultados da pesquisa de revisão sistemática da literatura. Em seguida, serão apresentados os resultados da aplicação da SEI experimental construída.

4.1 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

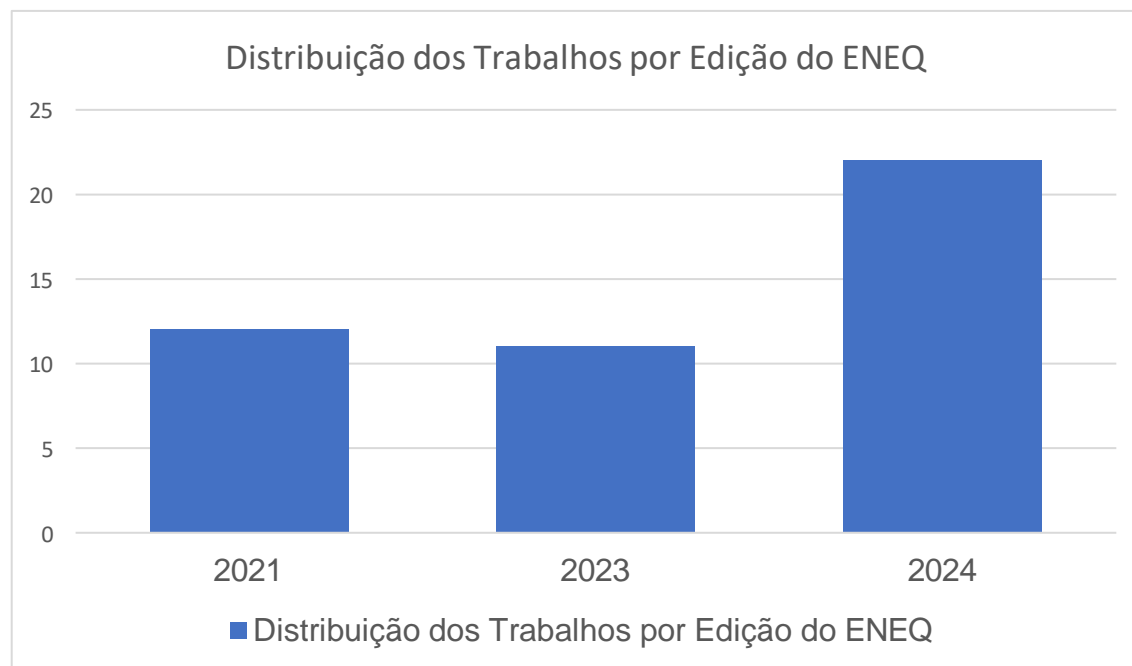
Foi realizada uma revisão sistemática da literatura sobre o ensino de Química nos Ensino fundamental nos anais das três últimas edições do Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ) realizadas em 2021 (Recife / On-line), 2023 (Uberlândia) e 2024 (Belém), uma vez que já existe na literatura estudos sobre os anos anteriores.

Para fins de pesquisa nos anais dos ENEQs foi utilizada a palavra-chave 'fundamental' que deveria constar no título dos trabalhos. Essa palavra foi escolhida, pois contempla o objetivo inicial que é identificar os estudos sobre ensino de Química no Ensino Fundamental. Como a maior parte dos trabalhos da área de Ensino de Química são direcionados para o Ensino Médio, os estudos sobre o Ensino Fundamental são poucos e geralmente destacam o público-alvo no título com o objetivo de serem facilmente identificados.

Nos anais do ENEQ realizado em 2021 foram apresentados 703 trabalhos, destes, apenas 12 abordaram o Ensino Fundamental (1,7%). Nos anais do ENEQ realizado em 2023 foram apresentados 437 trabalhos, destes, só 11 foram direcionados para o Ensino Fundamental (2,5%). Nos anais do ENEQ realizado em 2024 foram apresentados 941 trabalhos, destes, apenas 22 abordaram o Ensino Fundamental (2,3%).

A Figura 6 apresenta um gráfico de distribuição dos trabalhos sobre o Ensino Fundamental nas últimas três edições do ENEQ:

Figura 6 - Distribuição dos trabalhos sobre o Ensino Fundamental nas últimas três edições do ENEQ.



Fonte: Elaborada pela autora.

Mesmo tendo crescido consideravelmente no último ENEQ, as porcentagens das edições de 2021, 2023 e 2024 foram as menores em comparação com anais dos ENEQs realizados entre 2010 (2,6%), 2012 (3,0%),

2014 (4,1%), 2016 (2,7%) e 2018 (4,8) (Cristiano *et al.*, 2021).

Ao total, foram identificados 45 estudos sobre o ensino de Química no Ensino Fundamental nos anais do ENEQ. O Quadro 4 apresenta algumas características desses trabalhos.

Quadro 4 - Estudos sobre ensino de Química no nível fundamental nos anais do ENEQ.

| CÓDIGO | TÍTULO | PÚBLICO | LINHA | ANO |
|---------------|---|------------------|--------------|------------|
| TC1 | A CIÊNCIA DO SABÃO: UMA INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA NO ENSINO FUNDAMENTAL II COM PERSPECTIVA CTS/CTSA. | Anos Finais | CTS | 2021 |
| RS1 | A IMPORTÂNCIA DA RECICLAGEM DE GARRAFAS PET'S E DO PLANTIO DE MUDAS NO CONTEXTO ESCOLAR NO ENSINO FUNDAMENTAL | Não menciona | CTS | 2021 |
| TC2 | ARTICULANDO QUÍMICA E LITERATURA PARA INSERÇÃO DA HISTÓRIA E CULTURA AFRICANA NO CURRÍCULO DE CIÊNCIAS DO ENSINO FUNDAMENTAL | Não menciona | DI | 2021 |
| TC3 | CONCEPÇÃO SOBRE CIÊNCIA A PARTIR DO OLHAR DE ESTUDANTES DO ENSINO FUNDAMENTAL II | Anos Finais | HFC | 2021 |
| TC4 | ENSINO DE QUÍMICA NO ENSINO FUNDAMENTAL: ANÁLISE DE TRABALHOS PUBLICADOS NA ÚLTIMA DÉCADA DO ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA | Não se aplica | EA | 2021 |
| TC5 | IMAGINAÇÃO NO PROCESSO DE MODELAGEM PARA O CONCEITO DE ÁTOMO EM ESTUDANTES DO ENSINO FUNDAMENTAL II: UM ESTUDO EXPERIMENTAL | Anos Finais | EA | 2021 |
| RS2 | MAPEAMENTO DE ZONAS DE PERFIL CONCEITUAL DE CALOR NO ENSINO FUNDAMENTAL | Anos Finais | EA | 2021 |

| | | | | |
|------|--|---------------|-----|------|
| TC6 | O USO DE JOGOS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE QUÍMICA NO ENSINO FUNDAMENTAL E MÉDIO: A PROPOSTA DO QUIMIGAME | Anos Finais | MD | 2021 |
| TC7 | OFICINAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA COM ENFOQUE CTS PARA O ENSINO FUNDAMENTAL I | Anos Iniciais | CTS | 2021 |
| TC8 | PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DOS MODELOS ATÔMICOS NO ENSINO FUNDAMENTAL - ANÁLISE DOS TRABALHOS PUBLICADOS NOS ANAIS DOS ENEQS DE 2006 A 2018 | Não se aplica | EA | 2021 |
| RS3 | UMA PERSPECTIVA DOCENTE SOBRE LETRAMENTO CIENTÍFICO NOS ANOS FINAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL | Anos Finais | CF | 2021 |
| RS4 | UMA PROPOSTA DE JOGO DOMINÓ DOS MODELOS ATÔMICOS: UMA ABORDAGEM NO CONTEXTO DO 9º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL | Anos Finais | MD | 2021 |
| TC9 | A ABORDAGEM DA QUÍMICA NO ENSINO FUNDAMENTAL: UMA REVISÃO DA LITERATURA A PARTIR DE PERIÓDICOS BRASILEIROS DE ENSINO DE CIÊNCIAS | Não se aplica | CF | 2023 |
| TC10 | ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA: UMA ANÁLISE DOS PCN E BNCC NA ÁREA DE CIÊNCIAS DA NATUREZA NOS ANOS FINAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL | Anos Finais | CF | 2023 |

| | | | | |
|------|---|---------------|-----|------|
| RS5 | ANÁLISE DA APRENDIZAGEM DE ESTUDANTES DO 9º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL SOBRE PILHAS E BATERIAS A PARTIR DA ABORDAGEM CTS | Anos Finais | CTS | 2023 |
| RS6 | ENSINO DE QUÍMICA NOS ANOS INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL: UMA PROPOSTA DE MATERIAL PARADIDÁTICO EM DIÁLOGO COM AS ZONAS DE ESTABILIDADE | Anos Iniciais | MD | 2023 |
| RS7 | FORMULÁRIO GOOGLE GAMIFICADO SOBRE HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS NOS ANOS FINAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL DE UMA ESCOLA MUNICIPAL DA PARAÍBA | Anos Finais | TD | 2023 |
| RS8 | HISTÓRIA DA CIÊNCIA PARA CRIANÇAS: CALCINAÇÃO DE METAIS E LAVOISIER NOS ANOS INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL | Anos Iniciais | HFC | 2023 |
| RS9 | LEITE E O USO DA EXPERIMENTAÇÃO COMO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM: UMA PROPOSTA DESENVOLVIDA NO ENSINO FUNDAMENTAL | Não menciona | ALE | 2023 |
| TC11 | O ISOLAMENTO DOCENTE: DISCUSSÃO A RESPEITO DA PRÁTICA DOCENTE EM UM PROCESSO FORMATIVO COLABORATIVO COM PROFESSORES DE CIÊNCIAS DO ENSINO FUNDAMENTAL | Não se aplica | CF | 2023 |

| | | | | |
|------|--|---------------|-----|------|
| RS10 | O PAPEL DO DESENHO COMO RECURSO NA CONSTRUÇÃO DA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA NO ENSINO FUNDAMENTAL 1 | Anos Iniciais | EA | 2023 |
| TC12 | O PROQUIM EM AÇÃO: O CASO DAS PRÁTICAS EM AULAS REMOTAS ADAPTADAS PARA O ENSINO FUNDAMENTAL | Anos Finais | LC | 2023 |
| TC13 | UMA ANÁLISE DE MODOS DE PENSAR E FORMAS DE FALAR SOBRE O CONCEITO DE SUBSTÂNCIA EM AULAS DE CIÊNCIAS NOS ANOS FINAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL | Anos Finais | EA | 2023 |
| TC14 | A LUDICIDADE DA ELABORAÇÃO DE DESENHOS PARA A IDENTIFICAÇÃO DE CONCEPÇÕES SOBRE LIXO COM ESTUDANTES DO ENSINO FUNDAMENTAL II | Anos Finais | CTS | 2024 |
| TC15 | A QUÍMICA NO ENSINO FUNDAMENTAL: O DESENVOLVIMENTO DA EXPERIMENTAÇÃO POR MEIO DE OFICINAS PEDAGÓGICAS | Anos Finais | ALE | 2024 |
| TC16 | ABORDAGEM PARA O ESTUDO DA TABELA PERIÓDICA NO ENSINO FUNDAMENTAL POR MEIO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA | Anos Finais | EA | 2024 |
| RS11 | AFRORETRATOS: A VALORIZAÇÃO DA CULTURA NEGRA REVELADA POR MEIO DE FOTOGRAFIAS OBTIDAS COM CORANTES NATURAIS JUNTO A ESTUDANTES DO ENSINO FUNDAMENTAL | Anos Finais | ID | 2024 |

| | | | | |
|------|--|---------------|-----|------|
| RS12 | ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA POR EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA NO ENSINO FUNDAMENTAL MONTESSORIANO | Anos Iniciais | ALE | 2024 |
| RS13 | ANIMAÇÕES EM STOP MOTION PARA O ENSINO FUNDAMENTAL: CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE REAÇÕES QUÍMICAS | Anos Finais | ALE | 2024 |
| TC17 | AS PALAVRAS CRUZADAS COMO RECURSO DIDÁTICO PARA O ENSINO DE QUÍMICA NO 2º CICLO DO ENSINO FUNDAMENTAL | Anos Finais | FD | 2024 |
| TC18 | ASTROQUÍMICA NO CONTEXTO DO ENSINO FUNDAMENTAL: UTILIZANDO UM JOGO DIDÁTICO INSPIRADO NO FILME INTERESTELAR COM ESTUDANTES DO 9º ANO | Anos Finais | DI | 2024 |
| TC19 | CONHECIMENTOS QUÍMICOS E FÍSICOS NO ENSINO FUNDAMENTAL: MEIOS MEDIACIONAIS PRODUZIDOS NA DIALOGIA DA AULA | Anos Finais | EA | 2024 |
| RS14 | DIFICULDADES ENFRENTADAS POR ESTUDANTES DO 9º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL PARA COMPREENDER OS MODELOS ATÔMICOS | Anos Finais | EA | 2024 |
| RS15 | EDUCAÇÃO EMPREENDEDORA E CONCEITOS DE QUÍMICA POR MEIO DE PROJETOS SUSTENTÁVEIS NA EDUCAÇÃO INFANTIL (ENSINO FUNDAMENTAL I) | Anos Iniciais | ALE | 2024 |

| | | | | |
|------|--|------------------|-----------------|------|
| RS16 | EXPLORANDO A EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS: UTILIZAÇÃO DO KAHOOT COMO RECURSO DIDÁTICO PARA ALUNOS DO 9º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL | Anos Finais | ALE | 2024 |
| TC20 | EXPLORANDO AS ORIGENS DA VIDA: UMA ANÁLISE DOS DISCURSOS SOBRE PANSPERMIA E ASTROBIOLOGIA NOS LIVROS DIDÁTICOS DO ENSINO FUNDAMENTAL | Não se aplica | HFC | 2024 |
| RS17 | INTRODUÇÃO AOS CONTEÚDOS DE QUÍMICA EM SÉRIES INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL, NA DISCIPLINA CIÊNCIA NATURAL, 4º E 5º ANO | Anos Iniciais | Não menciona | 2024 |
| TC21 | MATERIAL DIDÁTICO-PEDAGÓGICO ANCORADO NAS ORIENTAÇÕES CTSA/PC: UMA CONSTRUÇÃO NO CONTEXTO DE AULAS DE CIÊNCIAS NOS ANOS INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL | Anos Iniciais | DI | 2024 |
| TC22 | “MISTURADA”: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM METODOLOGIAS ATIVAS PARA ENSINAR MISTURAS NO ENSINO FUNDAMENTAL | Anos Finais | EA | 2024 |
| TC23 | O RIO TURIAÇU: UMA PROPOSTA PEDAGÓGICA PARA A EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO ENSINO FUNDAMENTAL | Anos Finais | CTS | 2024 |
| TC24 | OFICINA TEMÁTICA “BIOPLÁSTICOS” PARA ALUNOS DO ENSINO FUNDAMENTAL: UMA FERRAMENTA PARA O DESENVOLVIMENTO DA CIDADANIA E DO PENSAMENTO CIENTÍFICO | Anis Finais | ALE | 2024 |

| | | | | |
|------|---|----------------------------|----|------|
| TC25 | PERSPECTIVAS E DESAFIOS: O QUE PENSAM OS EGRESSOS DO ENSINO FUNDAMENTAL SOBRE A QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO? | Anos Finais | EA | 2024 |
| TC26 | REPRESENTAÇÕES SOCIAIS DE ALUNOS DO ENSINO FUNDAMENTAL SOBRE MEIO AMBIENTE EM UMA ABORDAGEM DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL | Anos Finais | DI | 2024 |
| RS18 | SLIME COMO RECURSO DIDÁTICO PARA O ENSINO DE TRANSFORMAÇÕES DA MATÉRIA NO ENSINO FUNDAMENTAL NOS ANOS INICIAIS | Anos Iniciais | MD | 2024 |
| RS19 | UM JOGO DE DADOS APLICADO EM UMA ATIVIDADE AVALIATIVA DE QUÍMICA NOS ENSINOS FUNDAMENTAL E MÉDIO | Anos Finais e Ensino Médio | MD | 2024 |

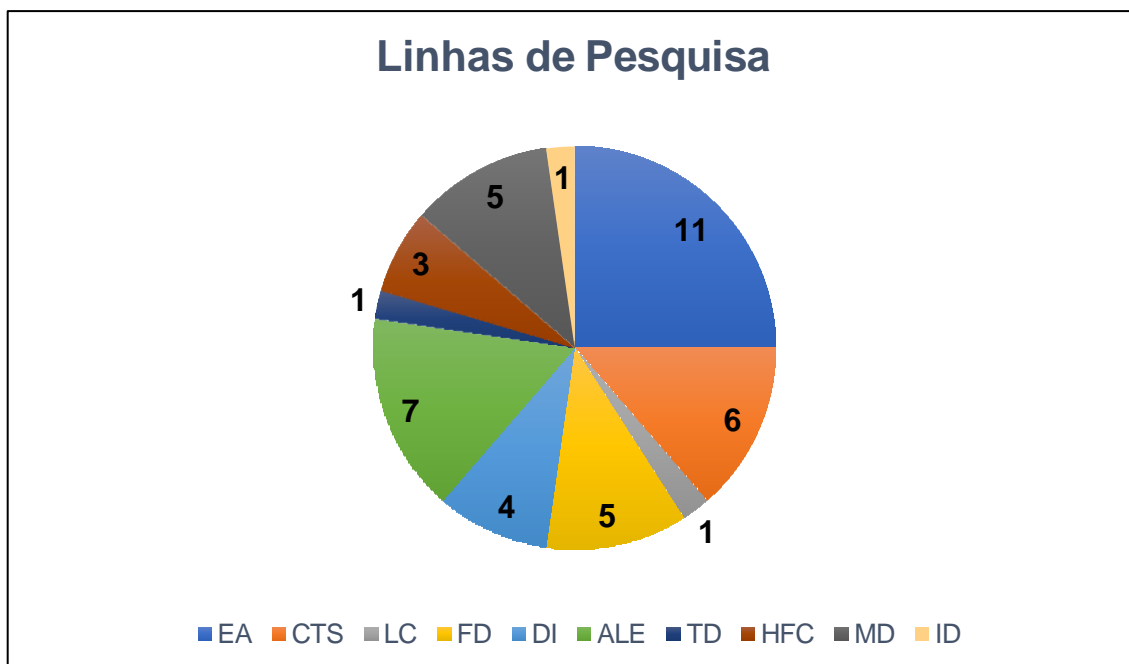
Fonte: Elaborado pela autora.

O número de trabalhos no ENEQ voltados para o Ensino Fundamental dobrou em relação às edições anteriores, contudo, em porcentagem continua abaixo de 3% do total dos trabalhos. Esse dado aponta uma lacuna de pesquisa que pode ser preenchida com mais estudos nos próximos anos.

No ENEQ são apresentados trabalhos orais, pôsteres e materiais didáticos orientados sob doze linhas de pesquisa. Nos anais analisados, os trabalhos completos (TC - 26) superaram os resumos simples (RS - 19). Esse dado reflete a preocupação dos autores em submeterem pesquisas completas sobre o ensino de Química no nível fundamental.

A Figura 7 apresenta um gráfico das linhas de pesquisa:

Figura 7 - Linhas de pesquisa dos estudos sobre ensino de Química no Ensino Fundamental.



Legenda: Atividades Lúdicas e Experimentação (ALE); CTS e Educação Ambiental (CTS); Democratização e Inclusão (DI); Ensino, Avaliação e Aprendizagem (EA); História, Filosofia e Sociologia da Ciência (HFC); Linguagem e Cognição (LC); Materiais Didáticos (MD); Tecnologias Digitais (TD); Formação Docente (FD); Interculturalidade e Diversidade (ID).

Fonte: Elaborado pela autora.

No total, 10 linhas de pesquisa foram contempladas. Esse dado reflete a diversidade das investigações. As linhas de pesquisa mais prestigiadas nos estudos analisados foram: Ensino, Aprendizagem e Avaliação (EA); Atividades Lúdicas e Experimentação (ALE) e CTS e Educação Ambiental (CTS).

Os trabalhos em EA focalizaram questões relacionadas ao ensino de modelos atômicos (TC5 e TC8), conceito de substância (TC13), calor (RS2), uso de desenhos (RS9) e revisão da literatura sobre o ensino de Química no Ensino Fundamental em anais do ENEQ (TC4). A maior parte das investigações orientadas sob esta linha de pesquisa indica a preocupação dos pesquisadores com a necessidade de melhorar o ensino e a aprendizagem de objetos de conhecimento relacionados à Química nas aulas de Ciências no Ensino Fundamental.

Quanto aos trabalhos em ALE focaram no desenvolvimento de jogos (RS16), animações (RS13) e oficinas didáticas (TC15 e TC24). Experimentos e jogos são ferramentas essenciais para um ensino de Química inovador.

Por sua vez, os trabalhos sobre CTS enfatizaram as questões ambientais: tratamento de água (TC7), descarte de pilhas e baterias (RS4), produção de sabões (TC1) e reciclagem de garrafas PET e plantio de mudas no ambiente escolar (RS1). Essas pesquisas ressaltam a transversalidade da Educação Ambiental nas aulas de Ciências no Ensino Fundamental.

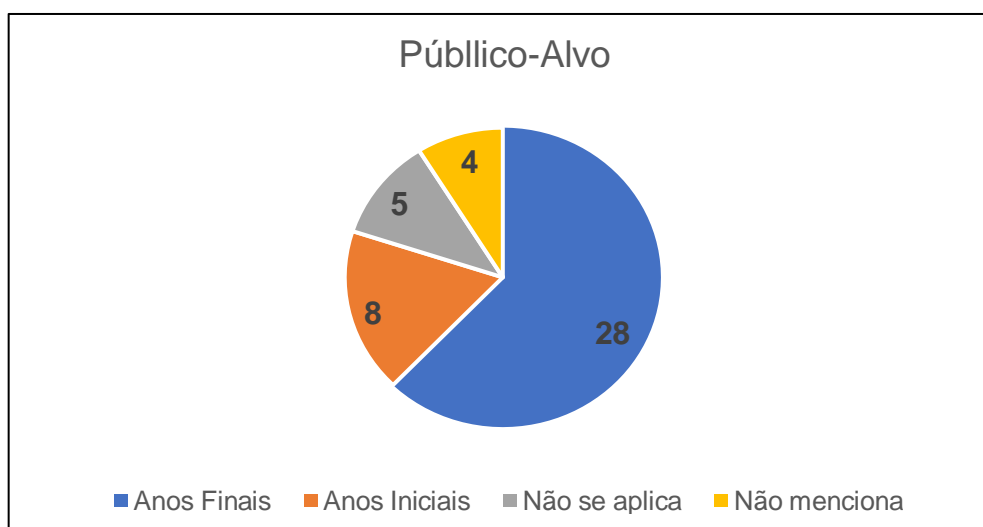
No que se refere à formação de professores, foram identificados cinco estudos que enfatizaram: o isolamento docente (TC11), a alfabetização científica (RS10 e TC10) e a revisão da literatura sobre a formação de professores de Químico para o Ensino Fundamental (TC9). Sobre os professores de Ciências no Ensino Fundamental, Nunes *et al.*, (2010) afirmam que:

Muitos desses professores afirmam que não possuem a adequada formação sequer nos conteúdos específicos. Desta forma, a introdução ao estudo da química, física e biologia nas séries finais do ensino fundamental aparentemente apresenta um obstáculo no conhecimento docente.

Observou-se também que outras linhas de pesquisa foram pouco contempladas ou sequer apareceram na Figura 6. Nesse sentido, não foram identificadas investigações nas seguintes linhas de pesquisa: Educação em espaços não-formais e Divulgação Científica (EFD) e Currículo e Políticas Públicas de Ensino de Química (CPP).

A Figura 8 apresenta o público-alvo dos estudos analisados:

Figura 8 - Público-alvo dos estudos sobre ensino de Química no Ensino Fundamental.



Fonte: Elaborado pela autora.

Em relação ao público-alvo (Figura 8), verificou-se que a maioria das pesquisas foi direcionada para os anos finais do Ensino Fundamental (28). Apenas oito trabalhos focalizaram os anos iniciais. Essa tendência em relação aos anos finais é observada nas edições do ENEQ realizadas entre 2010 e 2018 (Cristiano *et al.*, 2021). Em outros cinco estudos não foi possível aplicar esse critério, pois se tratavam de revisões da literatura e sobre formação de professores. Outros quatro estudos não mencionaram o público-alvo.

Entre os 45 trabalhos analisados, apenas um (RS13) apresentou a expressão 'reações químicas' no título, o que aponta para a escassez de pesquisa sobre esse tema nesse nível de ensino e justifica a realização do presente trabalho.

4.2 SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA (SEI)

A aplicação da SEI será discutida em três partes: 4.2.1 Soluções iniciais para o problema; 4.2.2 Etapas intermediárias da SEI; 4.2.3 Soluções finais para o problema.

4.2.1 Soluções Iniciais para o Problema

Na primeira aula da SEI foi apresentado o problema a seguir:

Mariana viu em vídeos nas redes sociais que a mistura entre vinagre e bicarbonato de sódio pode ser usada na limpeza doméstica. Ao misturar essas substâncias ela se assustou com a formação de bolhas e se afastou com medo de ser um gás venenoso. Por que se formaram bolhas após a mistura? Que gás é esse? Como esse fenômeno pode ser explicado a nível atômico-molecular? Como representar o que ocorreu? Qual a quantidade de átomos e de elementos químicos antes e depois da reação química?

Inicialmente foram identificadas as seguintes respostas:

| Por que se formaram bolhas após a mistura? | |
|---|------------------|
| <i>Por conta da acidez do vinagre</i> | <i>3 alunos</i> |
| <i>Por conta da composição de cada material</i> | <i>1 aluno</i> |
| <i>Por conta da formação de um gás</i> | <i>17 alunos</i> |

V

Verificou-se que quase todos os alunos identificaram corretamente que um gás foi produzido durante a reação química descrita no problema.

| Que gás é esse? | |
|--|-----------------|
| <i>Gás oxigênio</i> | <i>8 alunos</i> |
| <i>O contato ao bicarbonato no vinagre</i> | <i>2 alunos</i> |
| <i>Acho que seria gás tóxico por conta do fenômeno</i> | <i>1 aluno</i> |
| <i>Gás Hidrogênio</i> | <i>1 aluno</i> |
| <i>Gás Carbono</i> | <i>5 alunos</i> |
| <i>Gás Carbônico</i> | <i>3 alunos</i> |
| <i>Sem resposta</i> | <i>1 aluno</i> |

Apesar de reconhecerem a liberação de um gás, apenas 8 estudantes identificaram corretamente que se tratava do gás carbônico. Nesse sentido, observa-se uma compreensão inicial parcialmente satisfatória em relação ao nível fenomenológico do conhecimento químico envolvido no problema proposto.

| Como esse fenômeno pode ser explicado a nível atômico-molecular? | |
|--|-----------|
| <i>Quando o vinagre entra em contato com o bicarbonato há uma reação que faz a mistura borbulhar</i> | 11 alunos |
| <i>Pois quando essas substâncias entram em contato liberam gases não tóxicos</i> | 4 alunos |
| <i>Não faço a menor ideia, mas imagino que seja por que são dois ácidos</i> | 1 aluno |
| <i>A mistura de dois elementos químicos que gerou uma reação química</i> | 1 aluno |
| <i>Um fenômeno químico que aconteceu por conta dos reagentes</i> | 2 alunos |
| <i>Sem resposta</i> | 2 alunos |

A maioria dos estudantes (12) mencionaram que ocorreu uma reação química, mas não forneceram qualquer explicação a nível teórico molecular, o que indica pouca familiaridade com o nível teórico do conhecimento sobre a reação química descrita no problema proposto. Além disso, em uma das respostas há a confusão entre elemento químico e substância. Essa concepção alternativa também foi identificada por Oki (2002).

| Como representar o que ocorreu? | |
|---|----------|
| <i>Vinagre + Bicarbonato → Bolhas Vinagre + Bicarbonato → Gás Carbono</i> | 1 aluno |
| <i>Vinagre + Bicarbonato → Gás Carbônico (5 alunos);</i> | 5 alunos |
| <i>Mariana misturou vinagre com bicarbonato de sódio que formou uma “espuma”</i> | 1 aluno |
| <i>Representaria como uma reação onde ocorre a elevação do reagente e o surgimento das bolhas</i> | 6 alunos |

| | |
|---|----------|
| <i>Em um copo com água e um canudo, você assopra o canudo gerando bolhas</i> | 1 aluno |
| <i>O vinagre tem o óxido que reage com bicarbonato que tem carbono, e reage com óxido e forma o gás carbônico que é liberado nas bolhas</i> | 1 aluno |
| <i>Mariana se assustou com a mistura</i> | 1 aluno |
| <i>Como uma reação química</i> | 4 alunos |
| <i>Como uma mistura simples entre dois reagentes</i> | 1 aluno |
| <i>Quando mergulhamos prendendo o ar e soltamos, liberando bolhas de oxigênio, dentro da água</i> | 1 aluno |

Pelas respostas, verificou-se que todos os estudantes forneceram respostas insatisfatórias em relação ao nível de conhecimento representacional do conhecimento químico sobre a reação química descrita no problema proposto.

| Qual a quantidade de átomos e de elementos químicos antes e depois da reação química? | |
|--|-----------|
| <i>Átomos e 1 elemento químico</i> | 10 alunos |
| $\text{CO} + \text{O} \rightarrow \text{CO}_2$ | 1 aluno |
| <i>Possuíam 2 substâncias e passaram a ser 3 substâncias</i> | 1 aluno |
| <i>8 átomos e 4 elementos químicos</i> | 2 alunos |
| Sem resposta | 4 alunos |

Pelo visto, nenhum aluno contabilizou corretamente a quantidade de átomos e de elementos químicos na reação química descrita no problema proposto. Esse resultado é normal, pois eles não conheciam a reação química que representa o fenômeno descrito.

Esses resultados insatisfatórios para a solução inicial para o problema eram esperados, uma vez que os estudantes ainda não haviam estudado detalhadamente as reações químicas. Esses dados reforçam a necessidade de investir no ensino de reações químicas desde as séries iniciais do Ensino Fundamental, conforme estabelece a BNCC (Brasil, 2018).

Etapas Intermediárias da SEI

Na segunda aula da SEI foi realizada uma aula expositiva sobre reações químicas explicando as partes de uma reação química, reagentes e produtos, explicando o sentido de uma reação química e os fatores que alteram a cinética de uma reação.

Além disso, de forma demonstrativa, foram realizados experimentos de combustão de papel e lã de aço em sistema aberto. Antes da combustão massa de papel e da lã de aço foram medidas com uma balança.

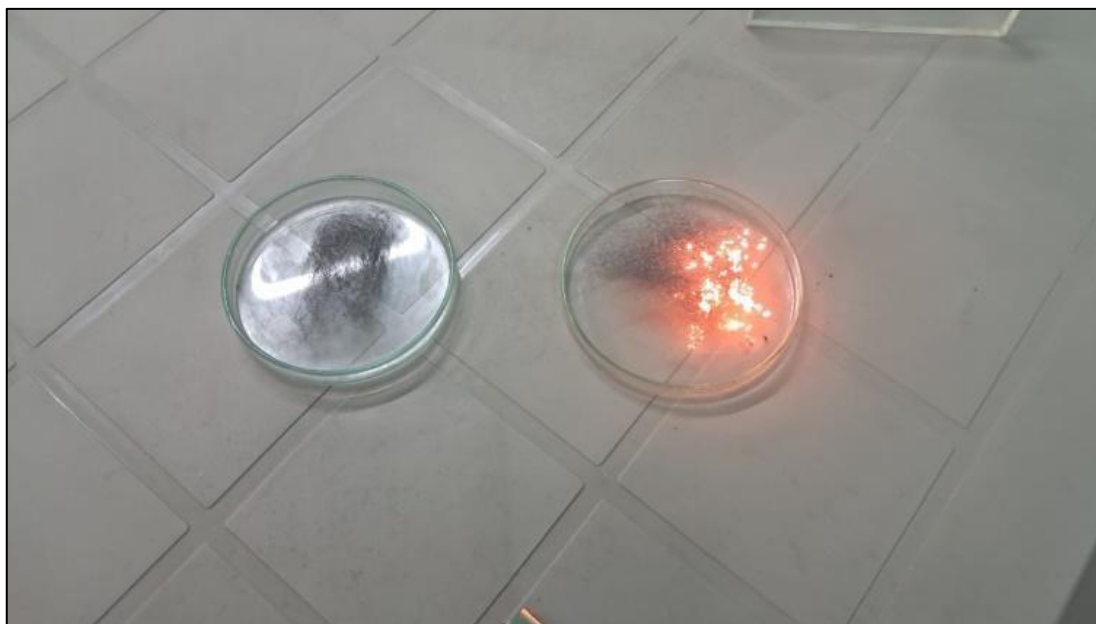
Após a combustão foi feita a pesagem para evidenciarmos o que aconteceu com as suas massas, e discutimos os fatores que podem ter influenciado na mudança das massas (Figura 9) e da lã de aço (Figura 10).

Figura 9 - Reação de combustão de papel.



Fonte: Acervo da autora.

Figura 10 - Reação de combustão da lã de aço.



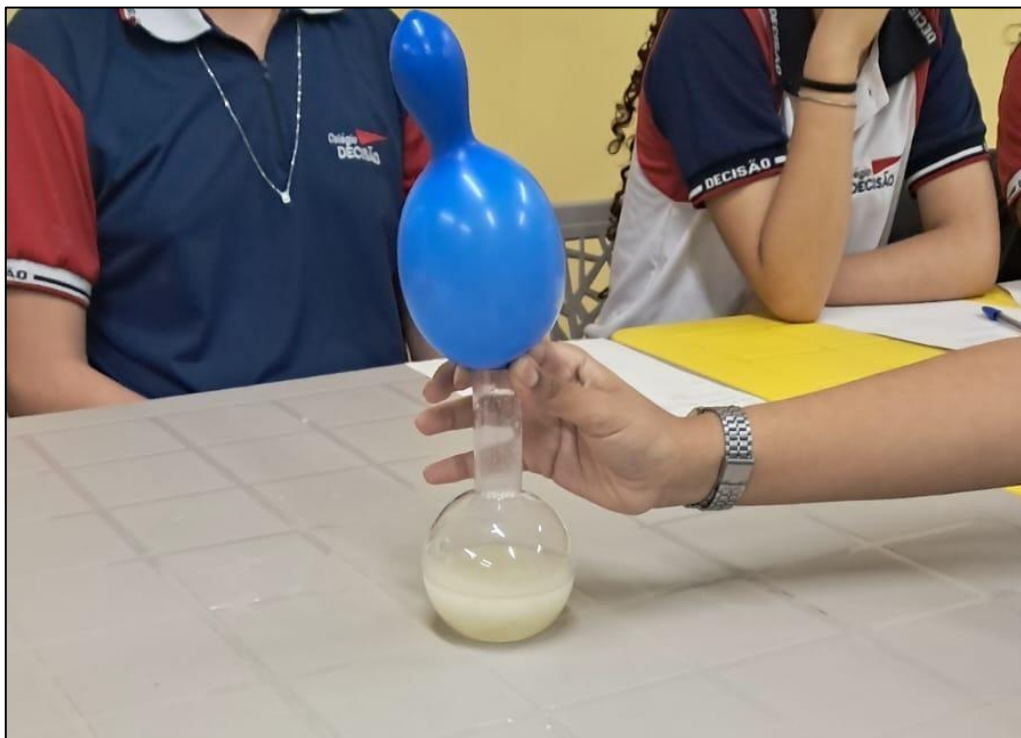
Fonte: Acervo da autora.

Após a combustão as massas dos recipientes que continham papel e lã de aço foram medidas novamente. Nesse momento foi evidenciada a mudança em relação a esses materiais, pois o recipiente que continha papel ficou mais leve e o que continha lã de aço mais pesado. Foi explicado para os estudantes que o sistema era aberto, portanto havia troca de massa e de energia com o ambiente ao redor (vizinhança).

Em relação à combustão de papel, foi explicada a diminuição da massa pela liberação de CO_2 para o ambiente. Por sua vez, o aumento da massa após a combustão da lã de aço deve-se a absorção de O_2 presente no ar que se incorporou ao ferro da lã de aço formando óxido de ferro. Dessa forma, no primeiro experimento, um gás escapou, ao passo que no segundo, um gás foi incorporado, fazendo com que a massa aumentasse.

Na terceira aula da SEI os estudantes realizaram o experimento descrito no problema, coletaram o gás produzido e o aproximaram da chama de uma vela para verificar sua inflamabilidade (Figura 11).

Figura 11 - Reação entre bicarbonato de sódio e vinagre.



Fonte: Acervo da autora.

O gás coletado não era inflamável, pois se tratava do dióxido de carbono, e a chama não se propagou. Todos os alunos testaram em seus grupos com o auxílio da professora, para verificar a combustão do gás recolhido.

Essas etapas intermediárias foram importantes para sistematizar os conhecimentos construídos nas aulas anteriores e preparar os estudantes para a última etapa da SEI que envolveu a rerepresentação do problema inicial.

Soluções Finais para o Problema

Na quarta aula da SEI, rerepresentamos o problema inicial e os estudantes tiveram 50 minutos para solucioná-lo.

O Quadro 5 apresenta a classificação das soluções finais para o problema proposto. A análise das respostas foi realizada utilizando as rubricas de desempenho estabelecidas no Quadro 3.

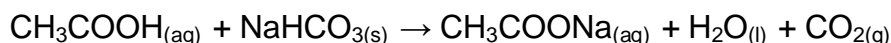
Quadro 5 - Classificação das soluções finais para o problema proposto.

| Aluno | Identificação de reagentes e produtos | Nível fenomenológico do conhecimento químico sobre reações químicas | Nível representacional do conhecimento químico sobre reações químicas | Análise da quantidade de átomos e elementos químicos nos reagentes e nos produtos |
|-------|---------------------------------------|---|---|---|
| 1 | SS | SS | SI | SI |
| 2 | SS | SI | SI | SI |
| 3 | SS | SI | SS | SS |
| 4 | SS | SI | SS | SS |
| 5 | SS | SS | SI | SI |
| 6 | SS | SS | SS | SS |
| 7 | SS | SI | SI | SS |
| 8 | SS | SS | SI | SI |
| 9 | SS | SI | SS | SI |
| 10 | SS | SS | SS | SI |
| 11 | SS | SS | SI | SI |
| 12 | SS | SS | SS | SI |
| 13 | SS | SS | SS | SI |
| 14 | NR | SI | SS | SI |
| 15 | SS | SS | SS | SI |
| 16 | SS | NR | SS | NR |
| 17 | SS | SI | SS | SI |
| 18 | SS | SI | SS | SI |
| 19 | SS | SI | SS | SS |
| 20 | SS | SI | SS | SI |
| 21 | SS | SI | SS | SI |
| 22 | SS | SS | SS | SI |
| 23 | NR | SI | NR | SI |
| 24 | SS | SS | SS | SI |
| 25 | SS | SI | SS | SS |
| 26 | SS | NR | SS | SI |
| 27 | SS | SI | SS | SI |
| 28 | SS | SI | SI | SI |

Legenda: solução satisfatória (SS); solução parcialmente satisfatória (SPS); solução insatisfatória (SI); não respondeu (NR); texto incompreensível (TI);

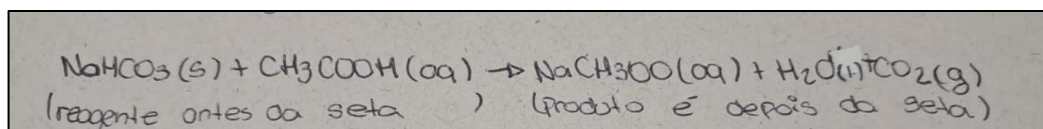
Fonte: Elaborado pela autora.

Observando os dados do Quadro 5, verifica-se que quase todos os estudantes identificaram corretamente os reagentes e os produtos. Isso ocorreu porque eles já haviam entrado em contato com a equação química que descreve a reação entre bicarbonato de sódio e vinagre:



A Figura 12 apresenta um trecho da solução apresentada pelo aluno 25:

Figura 12 - Trecho da solução do aluno 25.



Fonte: Acervo da autora.

Assim como o aluno 25, outros estudantes enfatizaram que os reagentes são as substâncias que estão antes da seta e os produtos são as substâncias que se encontram após a seta.

Em relação ao aspecto fenomenológico, a maioria dos alunos reconheceu a liberação de gás durante a reação química, mas não explicitou que se gás era o dióxido de carbono, conforme pode ser verificada na solução do aluno 24:

Aluno 24: *Quando o bicarbonato de sódio é adicionado ao líquido (vinagre) que está dentro da garrafa, com a bexiga no bico da garrafa, começa a encher por conta do gás que é formado.*

O mesmo aluno afirma que dióxido de carbono foi formado, mas não explica o aumento da bexiga em função da produção desse gás.

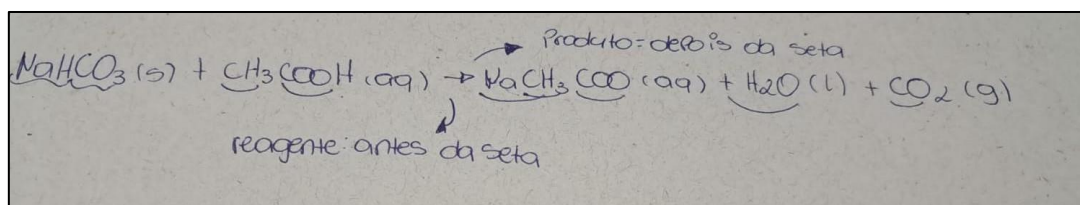
Por sua vez, o aluno 22 explicou corretamente porque a bexiga inflou:

Aluno 22: *Balão inflando pela formação de CO_2 durante a mistura do vinagre com bicarbonato.*

O nível de conhecimento fenomenológico satisfatório foi alcançado por 10 estudantes.

Quanto ao nível de conhecimento representacional, observou-se que a maioria dos estudantes escreveram corretamente a equação química referente à reação entre bicarbonato e vinagre, isso ocorreu porque eles já haviam pesquisado previamente após a primeira aula da SEI. A solução do aluno 19 (Figura 13) ilustra esse dado:

Figura 13 - Trecho da solução do aluno 19.



Fonte: Acervo da autora.

Pelo visto, o nível representacional foi atingido de forma satisfatória pelos estudantes.

Em relação aos aspectos quantitativos das reações químicas, observou-se que os estudantes apresentam dificuldades em reconhecer a quantidade de átomos, elementos químicos e substâncias na equação química que representa a reação entre bicarbonato e vinagre. Isso pode ser evidenciado na resposta do aluno 15:

Aluno 15: Elementos do reagente = 3; Elementos do produto = 4 Substâncias no reagente = 5; Substâncias no produto = 6 Átomos no reagente = 14; Átomos no produto = 14.

O aluno 15 contou corretamente a quantidade de átomos nos reagentes e nos produtos. Mas errou o número de substâncias e de elementos químicos. Esse tipo de resposta foi predominante.

A solução do aluno 6 foi uma das poucas satisfatórias em relação aos aspectos quantitativos das reações químicas:

Aluno 6: Reagente:

Elementos: 4 elementos

Substâncias: 2 substâncias

Átomos: 14 átomos Produto:

Elementos: 4 elementos

Substâncias: 3 substâncias

Átomos: 14 átomos

Pelo visto, as soluções finais para o problema evoluíram em relação às soluções iniciais, indicando que a SEI contribuiu para o desempenho dos estudantes. Contudo, verificou-se que a quantidade de aulas para abordar reações químicas deve ser maior e devem ser enfatizados os aspectos quantitativos das reações químicas. Nesse sentido, recomenda-se a apresentação de equações químicas seguida da contagem de átomos, elementos e substâncias, de forma que os estudantes diferenciem esses conceitos que são fundamentais para o entendimento da Química (Lacerda; Campos; Marcelino Júnior, 2012).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensino de Química nos Anos Finais do Ensino Fundamental apresenta deficiências que poderão ser minimizadas a partir da realização de pesquisas buscando formar professores para esse público e promover estratégias de ensino voltadas para os objetos de conhecimento previstos na BNCC, como reações químicas.

O ensino de reações químicas no Ensino Fundamental é essencial, pois esse objeto de conhecimento é um dos focos de interesse da Química enquanto Ciência. A Química pode ser considerada a Ciência das transformações. Quando uma reação química ocorre, sempre é produzida uma ou mais substâncias. São as reações químicas que fazem funcionar desde o nosso corpo até os motores dos carros. Dessa forma, aprender sobre as reações químicas significa aprender sobre as transformações do mundo a nossa volta: fotossíntese, ferrugem, amadurecimento de vegetais etc.

Nesse sentido, a formação cidadão deve contemplar o ensino de reações químicas, pois diversas delas são essenciais ao nosso modo de vida e algumas delas poderão destruir nosso planeta. É o caso das reações de combustão que liberam principalmente dióxido de carbono, gás responsável pelo aquecimento acelerado da terra.

Após a revisão sistemática da literatura, verificou-se que menos de 5% dos trabalhos apresentados nas três últimas edições do ENEQ são voltados para o Ensino Fundamental. Daí a necessidade de estudos como este.

A aplicação da SEI mostrou-se satisfatória, pois foi percebido que as soluções dos estudantes para o problema proposto evoluíram ao longo do tempo, nesse estudo foi-se utilizada 8 aulas, totalizando 4 encontros com aulas geminadas. Ainda assim, muitas soluções mostraram-se insatisfatórias, do ponto de vista que precisamos investir mais no ensino sobre o nível representacional das reações químicas, afim de promover uma maior interação dos participantes com o tema. Nessa perspectiva há a necessidade de reformulação da SEI, devido a complexidade do ensino de reações químicas nos Anos Finais do Ensino Fundamental.

O produto educacional elaborado pretende ser uma alternativa para os professores que lecionam Ciências no 9º Ano. Nesse sentido eles poderão aplicar a

SEI proposta com as devidas adaptações em seus contextos escolares.

REFERÊNCIAS

- BACHELARD, G. **A Formação do Espírito Científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BARBOSA, C. S.; COSTA, M. C. R. **O ensino de transformações químicas por investigação**: uma abordagem com alunos do 9º ano do ensino fundamental. Universidade Federal de Alagoas (UFAL), 2020.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018.
- BATISTA, R. F. M.; SILVA, C. C. A abordagem histórico-investigativa no ensino de Ciências. **Estudos Avançados**, v. 32, n. 94, p. 97-110, 2018.
- CAMPOS, M. C. C.; NIGRO, R. G. **Didática de Ciências**: o ensino-aprendizagem como investigação. São Paulo: FTD, 1999.
- CARVALHO, A. M. P. As práticas experimentais no ensino de Física. *In*: CARVALHO, A. M. P.; RICARDO, E. C.; SASSERON, L. H.; ABIB, M. L. V. S.; PIETROCOLA, M. (OrgS.). **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2011b. p. 53-78.
- CARVALHO, A. M. P. Ensino e aprendizagem de Ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativas - (SEI). *In*: LONGHINI, M. D. (Org.). **O uno e o diverso na Educação**. Uberlândia: UDUFU, 2011a.
- CARVALHO, A. M. P. Sequências de ensino investigativas – Seis: o que os alunos aprendem? *In*: TAUCHEN, G.; SILVA, J. A. (Orgs.). **Educação em Ciências**: epistemologias, princípios e ações educativas. Curitiba: CRV, 2012.
- CARVALHO, A. M. P. **Ensino de Ciências por Investigação**: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- CARVALHO, A. M. P. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 765-794, 2018.
- CRISTIANO, G. A.; BONINI, A. P. P.; SILVA, L. A. R.; SILVA, P. M.; MILARÉ, T. Ensino de química no Ensino Fundamental: análise de trabalhos publicados na última década do Encontro Nacional de Ensino de Química. **Anais do 20º Encontro Nacional de Ensino de Química ENEQ**. Pernambuco - UFRPE/UFPE, 2021.
- ECHEVERRÍA, M. P. P.; POZO, J. I. Aprender a resolver problemas, resolver problemas para aprender. *In*: POZO, J. I. (Org.). **A solução de problemas**: aprender a resolver, resolver para aprender. Porto Alegre: Artmed, 1998.

FERNANDES, D. **Rubricas de Avaliação**. Ministério da Educação: Lisboa, 2021.

FUMAGALLI, Laura. O ensino de ciências naturais no nível fundamental de educação formal: argumentos a seu favor. *In*: WEISSMANN, Hilda (Org.).

Didática das Ciências Naturais: contribuições e reflexões. Porto Alegre: Artmed, 1998.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Autonomia**. 51 ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2015.

Gil, D.; Vilches, A. Una alfabetización científica para el siglo XXI: obstáculos y propuestas de actuación, **Investigación en la Escuela**, v. 43, n. 1, p. 27-37, 2001.

GIOPPO, C.; SCHEFFER, E. W. O.; NEVES, M. C. D. O ensino experimental na escola fundamental: uma reflexão de caso no Paraná. **Educar**, n. 14, p. 39- 57, 1998.

GUIMARÃES, L. P.; FARIA, F. L. F. Química no Ensino Fundamental: estabelecendo conceitos por meio do estudo dos perfumes em uma formação continuada. **Revista Insignare Scientia**, v. 2, n. 2, p. 255-265, 2019.

KHALAF, B. K.; MOHAMMED ZIN, Z. B. Traditional and Inquiry-Based Learning Pedagogy: A Systematic Critical Review. **International Journal of Instruction**, v. 11, n. 4, 545-564, 2018.

KINALSKI, A. C.; ZANON, L. B. O leite como tema organizador de aprendizagens em Química no Ensino Fundamental. **Química Nova na Escola**, n. 6, p. 15-19, 1997.

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

LAUDAN, L. **O Progresso e seus Problemas**: rumo a uma teoria do crescimento científico. São Paulo: Editora da UNESP, 2011.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em Educação**: abordagens qualitativas. 2. ed. Rio de Janeiro: E.P.U., 2014.

MACHADO, A. H. **Aula de Química**: discurso e conhecimento. 3. ed. Ijuí: Unijuí, 2014.

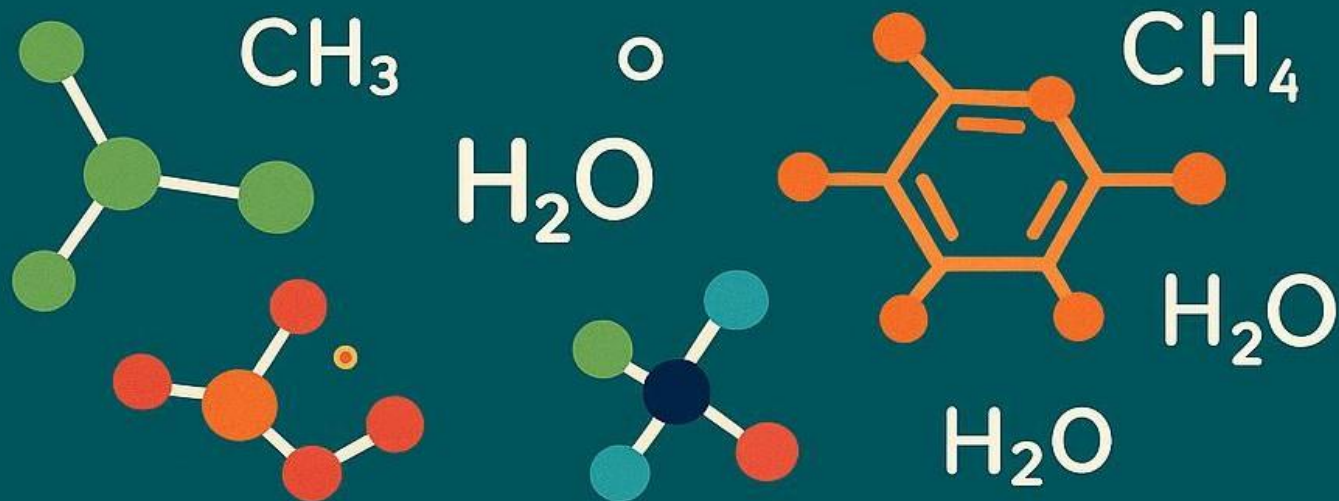
MALDANER, O. A. NONENMACHER, S. E. B.; SANDRI, V. Ciências naturais na educação fundamental: espaço um pouco esquecido na formação de professores. **Acta Scientiae**, v. 12, n. 1, p. 112-122, 2010.

- MARCELINO JÚNIOR, A. C. A abordagem de Química no Ensino Fundamental. In: PAVÃO, A. C.; FREITAS, D. (Orgs.). **Quanta Ciência há no Ensino de Ciências**. São Carlos: EdUFSCar, 2020.
- MENEGHETTI, S. M. P.; MENEGHETTI, M. R.; BRITO, Y. C. A reação de transesterificação, algumas aplicações e obtenção de biodiesel. **Revista Virtual de Química**, v. 5, n. 1, p. 63-73, 2013.
- MILARÉ, T.; ALVES-FILHO, J. P. A Química disciplinar em Ciências do 9º Ano. **Química Nova na Escola**, v. 32, n. 1, p. 43-52, 2010.
- MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L. I. A proposta curricular de Química do Estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**, v. 23, n. 2, p. 273-283, 2000.
- MORTIMER, Eduardo Fleury; MIRANDA, Luciana Campos. Transformações concepção de estudantes sobre reação química. **Química Nova na Escola**, n. 2, p. 23-26, novembro 1995.
- MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. C. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? **Ensaio, Pesquisa em Educação em Ciências**, v. v.09 | n. 1, p. 89-111, 2007.
- NUNES, A. O.; SANTOS, A. G. D.; ANJOS JÚNIOR, R. H.; BARBOZA, M. L. B. M. Química no Ensino Fundamental: conhecimento dos professores de Ciências. **Periódico Tchê Química**. v. 7, n. 13, p. 22-29, 2010.
- OKI, M. C. M. O conceito de elemento da antiguidade à modernidade. **Química Nova na Escola**, n. 16, p. 21-25, 2002.
- PAVÃO, A. C.; FREITAS, D. **Quanta Ciência há no Ensino de Ciências**. São Carlos, SP: Edufscar, 2008.
- POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A Aprendizagem e o Ensino de Ciências**: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- REIS, E. F.; SCHWARZER, C. H.; STROHSCHOEN, A. A. G. A experimentação no ensino de Ciências – reações químicas no Ensino Fundamental. **Revista Educação Pública**, v. 20, n. 9, p. 1-4, 2020.
- ROSA, M. I. F. P.; SCHNETZLER, R. P. O conceito de transformação química. **Química Nova na Escola**, n. 8, p. 31-34, 1998.
- SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre Ciências da Natureza e escola. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, p. 49-67, 2015.

SILVA, C. S.; ZULIANI, R. D.; FRAGOSO, S. B.; OLIVEIRA, L. A. A. A Química nas Séries Iniciais do Ensino Fundamental. VI ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 2007

SOUZA, C. S.; SOUZA, F. J. Atividades investigativas no ensino de Ciências: uma análise da produção acadêmica nacional. **Revista Educação Pública**, v. 22, n. 45, 2022.

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



ESTUDO DAS REAÇÕES QUÍMICAS

EM TURMAS DO 9º ANO
DO ENSINO FUNDAMENTAL



SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 01 |
| 2 SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA (SEI) | 02 |
| 3 SEI SOBRE REAÇÕES QUÍMICAS | 07 |
| 4 ORIENTAÇÕES DIDÁTICAS | 08 |
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 10 |
| REFERÊNCIAS | 11 |

1 INTRODUÇÃO

Segundo Pavão (2011), o ensino de Ciências na Educação Básica é um importante elemento formador de cidadania. A alfabetização científica proporciona aos estudantes uma prática de grande valor social, a prática científica, que resulta em consequências inevitáveis no dia a dia do cidadão. Por isso, para a formação do cidadão, o ensino de Ciências deve ser acompanhado por reflexões sobre a natureza do processo científico, seus métodos e suas relações com os condicionantes sociais. Uma posição crítica em relação ao fazer científico e seus produtos habilita o aluno ao pleno exercício de sua cidadania. O foco não está centrado na formação de futuros cientistas. Estamos falando sobre a formação de cidadãos.

As estratégias inovadoras no ensino de Química dentro da Educação Básica são voltadas principalmente para o Ensino Médio regular. Dessa forma, existem poucas pesquisas voltadas para outros níveis, como para os Anos Finais do Ensino Fundamental. Nesse nível de ensino, as pesquisas centram-se quase que exclusivamente em turmas de 9º Ano (Silveira *et al.*, 2007). Contudo, segundo a Base Nacional Comum Curricular (2018), existem objetos de conhecimento relacionados à Química em outras séries dos Anos Finais do Ensino Fundamental na área de Ciências da Natureza.

Particularmente, o ensino de Química nos Anos Finais do Ensino Fundamental é deficiente, por diversos motivos, a saber: i)- professores de Biologia ministrando conteúdos objetos de conhecimento relacionados à Química, Física e Geociências (Maldaner *et al.*, 2010); ii)- deficiências tanto na formação específica quanto na pedagógica (Milaré; Alves Filho, 2010).

Diante dessas deficiências do ensino de Química nos Anos Finais do Ensino Fundamental e das potencialidades do ensino por investigação, o presente projeto tem como objetivo geral:

- *Apresentar uma sequência de ensino investigativa para o ensino de reações químicas nos Anos Finais do Ensino Fundamental.*

2 SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA (SEI)

O presente produto educacional apoia-se nas definições teóricas e metodológicas de ensino por investigação encontradas nos trabalhos da professora Anna Maria Pessoa de Carvalho (Carvalho, 2013; Carvalho, 2018; Carvalho, 2011a; Carvalho, 2012), principal expoente brasileiro sobre esse modelo de ensino.

Segundo Carvalho (2018, p. 766):

Definimos como ensino por investigação o ensino dos conteúdos programáticos em que o professor cria condições em sua sala de aula para os alunos:

- pensarem, levando em conta a estrutura do conhecimento;
- falarem, evidenciando seus argumentos e conhecimentos construídos;
- lerem, entendendo criticamente o conteúdo lido;
- escreverem, mostrando autoria e clareza nas ideias expostas.

Essa definição ampla de ensino por investigação permite que esse modelo de ensino possa ser aplicado em nos mais diversos níveis de escolaridade para abordar quaisquer objetos de conhecimento. Na perspectiva de Carvalho (2013), a aplicação do ensino por investigação ocorre por meio de sequências de ensino investigativas (SEI), definidas como:

[...] sequências de atividades (aulas) abrangendo um tópico do programa escolar em que cada atividade é planejada, do ponto de vista do material e das interações didáticas, visando proporcionar aos alunos: condições de trazer seus conhecimentos prévios para iniciar os novos, terem ideias próprias e poder discuti-las com seus colegas e com o professor passando do conhecimento espontâneo ao científico e adquirindo condições de entenderem conhecimentos já estruturados por gerações anteriores (Carvalho, 2013, p. 9).

Uma SEI compreende uma sequência de aulas com objetivos de aprendizagem definidos previamente em relação a um ou mais objetos de conhecimento. Ao longo da SEI os estudantes são confrontados com problemas e deverão mobilizar seus conhecimentos e construir novos saberes para solucioná-los. A resolução do problema deve representar para o aluno um patamar de progresso. Para isso, podem ser utilizados problemas relacionados ao cotidiano dos estudantes. Dessa forma, o estudante poderá perceber mais facilmente que a solução do problema resultou em progresso em termos de conhecimentos, procedimentos e/ou atitudes.

Recentemente, Carvalho (2018, p. 767) afirmou que:

[...] uma SEI é uma proposta didática que tem por finalidade desenvolver conteúdos ou temas científicos. Este tema é investigado com o uso de diferentes atividades investigativas (por exemplo: laboratório aberto, demonstração investigativa, textos históricos, problemas e questões abertas, recursos tecnológicos). Em qualquer dos casos, a diretriz principal de uma atividade investigativa é o cuidado do(a) professor(a) com o grau de liberdade intelectual dado ao aluno e com a elaboração do problema.

Em relação ao grau de liberdade dos alunos, existem SEI nas quais os estudantes participam desde a etapa de proposição do problema até a etapa de socialização das soluções. O grau de liberdade dos alunos deve ser calculado pelo professor a partir das experiências vivenciadas com seus alunos. Dessa forma, uma SEI com maior grau de liberdade podem ser aplicadas em turmas nas quais os estudantes já estejam acostumados com atividades de ensino investigativas. Da mesma forma, uma SEI com menor grau de liberdade pode ser aplicada em turmas inexperientes quanto ao ensino por investigação.

A elaboração do problema é um momento determinante para o sucesso da SEI. Carvalho (2013), afirma que um bom problema deve fazer parte do cotidiano do aluno e apresentar uma motivação intrínseca que leve à resolução. Por sua vez, um problema precisa estar adequado ao nível cognitivo dos estudantes, caso contrário pode gerar desinteresse por ser fácil demais ou demasiadamente difícil. É importante destacar ainda que o enunciado de um problema é idiossincrático, ou seja, o que para um estudante pode ser um problema, pode não ser para outro. Adotamos neste trabalho a definição de problema de Echeverría e Pozo (1998, p. 16):

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

Considerando essa definição, Carvalho (2013) ainda orienta que o problema deve permitir a ligação entre os conhecimentos espontâneos e os conhecimentos científicos. Essa ligação é importante, pois os conhecimentos espontâneos podem auxiliar na construção dos conhecimentos científicos (Pozo; Crespo, 2009).

Carvalho (2011a) aponta quatro pontos importantes para a construção de uma SEI:

- A importância de um problema para um início da construção do conhecimento.
- Passar da ação manipulativa para a ação intelectual.
- A importância da tomada de consciência de seus atos para a construção do conhecimento.
- As diferentes etapas das explicações científicas.

Além do caráter didático, o problema tem potencial epistemológico, tendo em vista que alguns epistemólogos, como Bachelard e Laudan consideram que o conhecimento é produzido quando um problema científico é solucionado (Bachelard, 1996; Laudan, 2011).

Em relação ao segundo ponto, é preciso que os estudantes numa SEI manipulem os equipamentos, materiais e substâncias, num primeiro momento, mas que também reflitam sobre essa manipulação. Dessa forma, após a reflexão a manipulação dos equipamentos, materiais e substâncias será de forma intencional, com algum objetivo. Essas passagens entre a ação material e a ação intelectual e vice-versa são importantes, pois guiam os alunos na direção da resolução do problema.

Quanto ao terceiro ponto, é fundamental que o professor aponte ou que os alunos tomem consciência das suas ações ao longo do processo de resolução do problema. Não se chega a uma solução de forma despercebida, portanto é essencial que os alunos tomem consciência de que suas ações manipulativas e intelectuais o levaram em direção à resolução do problema.

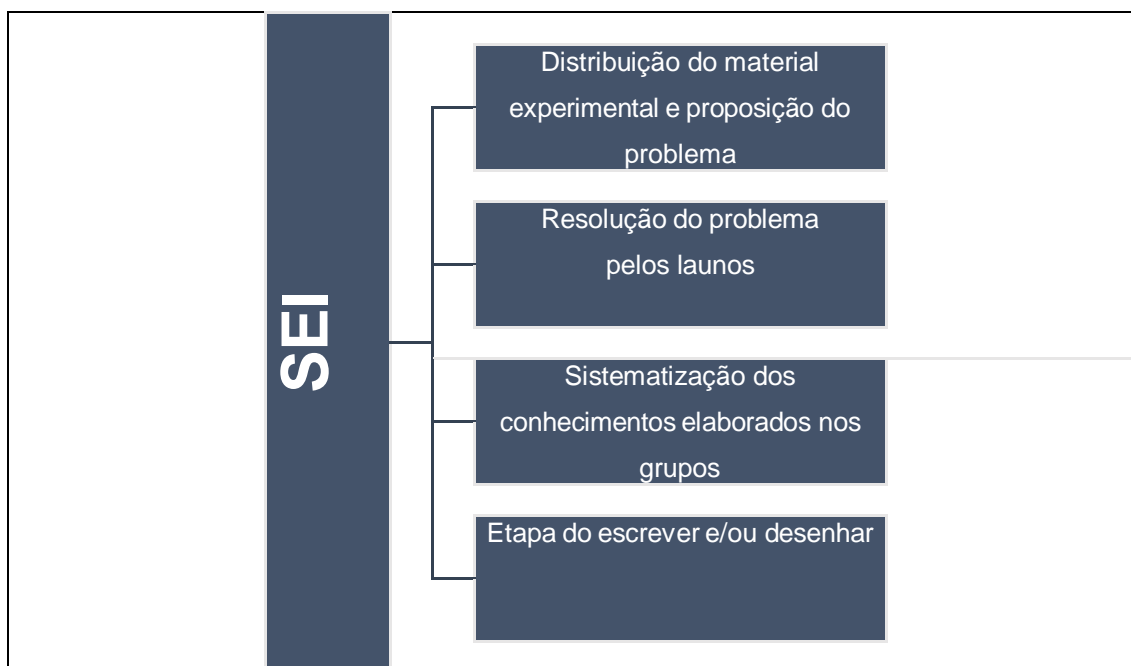
Por fim, em se tratando do ensino por investigação, a solução do problema e o processo de resolução devem guardar semelhanças com as investigações científicas. Nesse sentido, eles podem fazer uso da linguagem

científica em termos de vocabulário, equações, gráficos, tabelas, etc. Assim como os cientistas não se acomodam até chegar a uma solução satisfatória, os estudantes também precisam se apropriar do problema e perseguir uma solução que os satisfaça.

Carvalho (2011a) propõe oito aspectos que orientam o planejamento de uma SEI:

- Participação ativa do estudante;
- Interação aluno-aluno;
- Papel do professor enquanto elaborador de questões;
- Criação de um ambiente encorajador;
- O ensino a partir do conhecimento que o aluno traz para a sala de aula;
- Proposição de problemas significativo para os alunos;
- Consideração das relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS);
- Passagem da linguagem cotidiana para a linguagem científica.

Considerando esses aspectos pode-se planejar e aplicar uma SEI com potencialidade para a construção de conceitos, procedimentos e atitudes visando a alfabetização científica dos estudantes (Gil; Vilches, 2001; Campos; Nigro, 1999). A Figura 1 apresenta as etapas gerais de uma SEI experimental de acordo com Carvalho (2013):

Figura 1 - Etapas de uma SEI.

Fonte: Elaborada pela autora.

Na primeira etapa, o professor divide a turma em grupos, distribui o material experimental e apresenta o problema. Durante a segunda etapa, os alunos constroem e testam hipóteses visando a solução do problema. A terceira etapa ocorre quando os estudantes terminam de solucionar o problema. Nesse momento, o professor recolhe o material experimental e inicia um debate com o objetivo de sistematizar o conhecimento produzido pelos alunos. O professor utiliza as soluções para o problema para estimular o debate entre os estudantes. Por fim, na quarta etapa, o professor pede aos alunos que, individualmente, escrevam e/ou desenhem o que aprenderam nas aulas anteriores da SEI.

Considerando as orientações teóricas e metodológicas quanto ao ensino por investigação, neste produto educacional está sendo proposta uma SEI sobre reações químicas destinada a estudantes do 9º Ano dos Anos Finais do Ensino Fundamental.

3 SEI SOBRE REAÇÕES QUÍMICAS

Quadro 1 - Sequência de Ensino Investigativa sobre reações químicas.

| Aulas | Atividades |
|-------|--|
| 1 | <p>Apresentação do Problema:</p> <p>Mariana viu em vídeos nas redes sociais que a mistura entre vinagre e bicarbonato de sódio pode ser usada na limpeza doméstica. Ao misturar essas substâncias ela se assustou com a formação de bolhas e se afastou com medo de ser um gás venenoso. Por que se formaram bolhas após a mistura? Que gás é esse? Como esse fenômeno pode ser explicado a nível atômico-molecular? Como representar o que ocorreu? Qual a quantidade de átomos e de elementos químicos antes e depois da reação química?</p> <p>Distribuição de kits experimentais para a realização da mistura entre vinagre e bicarbonato de sódio.</p> <p>Solicitação que os estudantes, em grupo, pesquisassem uma solução para o problema na aula seguinte.</p> |
| 2 | <p>Discussão sobre as soluções para o problema buscando aproximação com os três níveis do conhecimento químico. Realização de reações de combustão de papel e lã de aço buscando evidenciar o princípio da conservação das massas durante as reações químicas.</p> |
| 3 | <p>Repetição do experimento, mas coletando o gás em um balão de borracha. Após aproximar o balão de uma vela acesa e deixar o gás sair. Repetir várias vezes até o gás acabar.</p> <p>Discussão sobre o porquê da vela ter apagado e a relação entre o primeiro e o segundo experimento.</p> |
| 4 | <p>Reapresentação do problema e solicitação que os estudantes individualmente produzissem uma solução.</p> |

Fonte: Elaborado pela autora.

No presente produto educacional é sugerida uma SEI sobre reações químicas visando a abordagem das seguintes habilidades previstas na BNCC para os Anos Finais do Ensino Fundamental:

(EF06CI02) Identificar evidências de transformações químicas a partir do resultado de misturas de materiais que originam produtos diferentes dos que foram misturados (mistura de ingredientes para fazer um bolo, mistura de vinagre com bicarbonato de sódio etc.) (Brasil, 2018, p. 345).

(EF09CI02) Comparar quantidades de reagentes e produtos envolvidos em transformações químicas, estabelecendo a proporção entre as suas massas (Brasil, 2018, p. 351).

A habilidade (EF09CI02) prevista para o 9º Ano é um aprofundamento da habilidade (EF06CI02) prevista para o 6º Ano. Dessa forma a SEI elaborada buscou retomar os conhecimentos produzidos em séries anteriores e aprofundá-los. No 6º Ano os estudantes entram em contato com os aspectos qualitativos das reações químicas. Por sua vez, no 9º Ano esses aspectos precisam ser retomados e acrescidos dos aspectos quantitativos.

Nesse sentido, o enfoque quantitativo foi abordado através do princípio da conservação da massa, comparando-se a quantidade de átomos e de elementos químicos diferentes nos reagentes e nos produtos.

Também foram enfatizadas as passagens entre os três níveis do conhecimento químico: teórico, fenomenológico e representacional. É essencial que os estudantes saibam representar as reações químicas por meio de equações e interpretá-las utilizando a teoria atômico-molecular.

4 ORIENTAÇÕES DIDÁTICAS

Na primeira aula, o professor poderá dividir a turma em grupos de até cinco componentes e entregar uma folha com o problema. Após a leitura coletiva do problema, o professor distribuirá os kits experimentais para cada grupo:

- Frasco com 50g de bicarbonato de sódio;
- Recipiente com 150mL de vinagre;
- Garrafa PET transparente de 1,5L;
- Balão de borracha;

Utilizando esses materiais e reagentes solicita-se que cada grupo misture os reagentes de forma que o gás produzido seja coletado. Não será fornecido qualquer tipo de roteiro. Utilizando o kit distribuído, os estudantes estabelecerão os procedimentos experimentais para que a reação ocorra e para que o gás seja coletado. O papel do professor nesse momento será de fazer uma avaliação formativa, direcionando, sem dar a resposta, os estudantes para o procedimento mais adequado para executar o experimento.

Por fim, os estudantes serão incitados a pesquisarem e apresentarem uma solução para o problema na aula seguinte.

Na segunda aula, o professor pedirá que cada grupo apresente a sua solução. Após cada grupo apresentar a sua solução, o professor iniciará um debate buscando evidenciar se a resolução foi satisfatória ou não e por quê. Ao longo dos debates o professor buscará interpretar a reação química realizada utilizando os três níveis do conhecimento químico: teórico, fenomenológico e representacional (Machado, 2014). Por fim, o professor escreverá a equação química que descreveu o experimento no quadro, destacando os reagentes e produtos e contando a quantidade de átomos e de elementos químicos no início e ao final da reação.

Ainda na segunda aula, o professor poderá queimar papel e lã de aço, previamente pesados e comparar as massas antes e após a reação de combustão buscando evidenciar o princípio da conservação das massas.

Durante a terceira aula, o professor refará o experimento, porém utilizando gás produzido na reação para apagar a chama de uma vela. Nesse momento ele discutirá como os produtos da reação podem ser aproveitados para alguma finalidade. Nesse sentido, pode-se iniciar uma discussão sobre os extintores de incêndio à base de CO_2 .

Na quarta aula, o professor solicitará que os estudantes solucionem o problema em grupo novamente.

O professor poderá adaptar essa SEI alterando os experimentos, o número de aulas e o público-alvo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensino de Química nos Anos Finais do Ensino Fundamental apresenta deficiências que poderão ser minimizadas a partir da realização de pesquisas buscando formar professores para esse público e promover estratégias de ensino voltadas para os objetos de conhecimento previstos na BNCC, como reações químicas.

O ensino de reações químicas no Ensino Fundamental é essencial, pois esse objeto de conhecimento é um dos focos de interesse da Química enquanto Ciência. A Química pode ser considerada a Ciência das transformações. Quando uma reação química ocorre, sempre é produzida uma ou mais substâncias. São as reações químicas que fazem funcionar desde o nosso corpo até os motores dos carros. Dessa forma, aprender sobre as reações químicas significa aprender sobre as transformações do mundo a nossa volta: fotossíntese, ferrugem, amadurecimento de vegetais, etc.

Nesse sentido, a formação cidadão deve contemplar o ensino de reações químicas, pois diversas delas são essenciais ao nosso modo de vida e algumas delas poderão destruir nosso planeta. É o caso das reações de combustão que liberam principalmente dióxido de carbono, gás responsável pelo aquecimento acelerado da terra.

O produto educacional elaborado pretende ser uma alternativa para os professores que lecionam Ciências no 9º Ano. Nesse sentido eles poderão aplicar a SEI proposta com as devidas adaptações em seus contextos escolares.

REFERÊNCIAS

BACHELARD, G. *A Formação do Espírito Científico*. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

CARVALHO, A. M. P. *Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CARVALHO, A. M. P. *Ensino e aprendizagem de Ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativas (SEI)*. In: LONGHINI, M. D. (Org.). *O uno e o diverso na Educação*. Uberlândia: UDUFU, 2011.

CARVALHO, A. M. P. *Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação*. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 18, n. 3, p. 765-794, 2018.

GIL, D.; VILCHES, A. Una alfabetización científica para el siglo XXI: obstáculos y propuestas de actuación. *Investigación en la Escuela*, v. 43, n. 1, p. 27-37, 2001.

MACHADO, A. H. *Aula de Química: discurso e conhecimento*. 3. ed. Ijuí: Unijuí, 2014.

MALDANER, O. A.; NONENMACHER, S. E. B.; SANDRI, V. Ciências naturais na educação fundamental: espaço um pouco esquecido na formação de professores. *Acta Scientiae*, v. 12, n. 1, p. 112-122, 2010.

MILARÉ, T.; ALVES-FILHO, J. P. A Química Disciplinar em Ciências do 9º Ano. *Química Nova na Escola*, v. 32, n. 1, p. 43-52, 2010.

PAVÃO, A. C.; FREITAS, D. *Quanta Ciência há no Ensino de Ciências*. São Carlos, SP: Edufscar, 2008.

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