

PESQUISAS SOBRE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS E SUAS INTERFACES

ORGANIZADORAS

Verônica Tavares Santos Batinga
Angela Fernandes Campos

PESQUISAS SOBRE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS E SUAS INTERFACES

ORGANIZADORAS

Verônica Tavares Santos Batinga

Angela Fernandes Campos

RECIFE - PE



UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO – UPE**REITORA** Profa. Dra. Maria do Socorro de Mendonça Cavalcanti**VICE-REITOR** Prof. José Roberto de Souza Cavalcanti**CONSELHO EDITORIAL DA EDITORA UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO – EDUPE****Membros Internos**

Prof. Dr. Ademir Macedo do Nascimento
Prof. Dr. André Luis da Mota Vilela
Prof. Dr. Belmiro Cavalcanti do Egito Vasconcelos
Prof. Dr. Carlos André Silva de Moura
Prof. Dra. Danielle Christine Moura dos Santos
Prof. Dra. Emilia Rahinemay Kohlman Rabbani
Prof. Dr. José Jacinto dos Santos Filho
Prof. Dra. Márcia Rejane Oliveira Barros Carvalho Macedo
Prof. Dra. Maria Luciana de Almeida

Prof. Dr. Mário Ribeiro dos Santos
Prof. Dr. Rodrigo Cappato de Araújo
Prof. Dra. Rosangela Estevão Alves Falcão
Prof. Dra. Sandra Simone Moraes de Araújo
Prof. Dra. Silvânia Núbia Chagas
Prof. Dra. Sinara Mônica Vitalino de Almeida
Prof. Dra. Virgínia Pereira da Silva de Ávila
Prof. Dr. Waldemar Brandão Neto

Membros Externos

Prof. Dra. Ester Fraga Vilas-Bôas Carvalho do Nascimento - Universidade Tiradentes (Brasil)
Prof. Dra. Gabriela Alejandra Vasquez Leyton - Universidad Andres Bello (Chile)
Prof. Dr. Geovanni Gomes Cabral - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Brasil)
Prof. Dr. Gustavo Cunha de Araújo - Universidade Federal do Norte do Tocantins (Brasil)
Prof. Dr. José Zanca - Investigaciones Socio Históricas Regionales (Argentina)
Prof. Dra. Letícia Virginia Leidens - Universidade Federal Fluminense (Brasil)
Prof. Dr. Luciano Carlos Mendes de Freitas Filho - Instituto Federal da Bahia (Brasil)
Prof. Dr. Pedro Gil Frade Morouço - Instituto Politécnico de Leiria (Portugal)
Prof. Dr. Rosuel Lima-Pereira - Universidade da Guiana - França Ultramarina (Guiana Francesa)
Prof. Dra. Verónica Emilia Roldán - Università Niccolò Cusano (Itália)
Prof. Dr. Sérgio Filipe Ribeiro Pinto - Universidade Católica Portuguesa (Portugal)

DIRETOR CIENTÍFICO E COORDENADOR Prof. Dr. Carlos André Silva de Moura**SECRETÁRIO EXECUTIVO** Felipe Ramos da Paixão Pereira Rocha**ASSISTENTE ADMINISTRATIVO** Renan Cortez da Costa**CAPA E DIAGRAMAÇÃO** Danilo Catão**REVISÃO** Os Autores

Este livro foi submetido à avaliação do Conselho Editorial da Universidade de Pernambuco.

**Todos os direitos reservados.**

É proibida a reprodução deste livro, ou de seus capítulos, para fins comerciais.

A referência às ideias e trechos deste livro deverá ser necessariamente feita com atribuição de créditos aos autores e à EDUPE.

Esta obra ou os seus artigos expressam o ponto de vista dos autores
e não a posição oficial da Editora da Universidade de Pernambuco – EDUPE

Catalogação na Fonte (CIP)
Núcleo de Gestão de Bibliotecas e Documentação - NBID
Universidade de Pernambuco

B333p Batinga, Verônica Tavares Santos; Campos, Angela Fernandes
Pesquisas sobre resolução de problemas no ensino de
ciências e suas interfaces / Verônica Tavares Santos Batinga,
Angela Fernandes Campos. -- Recife : EDUPE, 2023.
230p
[recurso eletrônico]
ISBN: 978-65-86413-95-3
1. Química - Estudo e ensino. 2. Aprendizagem. 3.
licenciatura. I. Título.

CDD 23^a 378.81

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	6
--------------	---

CAPÍTULO I

RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS NO ENSINO DE QUÍMICA: UM CAMINHO PARA A EMERGÊNCIA DA ARGUMENTAÇÃO	13
-------------------------------------------------------------------------------------------	----

Verônica Tavares Santos Batinga

CAPÍTULO II

ENSINO DE HISTÓRIA DA QUÍMICA E RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS: DIÁLOGOS POSSÍVEIS	27
----------------------------------------------------------------------------	----

Lucas dos Santos Fernandes

CAPÍTULO III

SEQUÊNCIA DE ENSINO E APRENDIZAGEM PAUTADA NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS PARA ABORDAGEM DA TEMÁTICA GALVANOPLASTIA	57
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

*Rafael José dos Santos
Angela Fernandes Campos*

CAPÍTULO IV

ELABORAÇÃO E VALIDAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA PARA O ESTUDO DO CONTEÚDO REAÇÕES QUÍMICAS NA EDUCAÇÃO BÁSICA	87
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

*Roberto Cesar Mendes Marques dos Santos
Tainá Melquiades Arrospide
Verônica Tavares Santos Batinga*

CAPÍTULO V

ENSINO POR INVESTIGAÇÃO NA ABORDAGEM DO TEMA
NANOTECNOLOGIA: POSSILIDADE DE DESENVOLVIMENTO
DA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA EM AULAS DE QUÍMICA NO
ENSINO MÉDIO

119

Reobe Felipe da Silva
Danylo David de Lima Silva

CAPÍTULO VI

RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS NO ENSINO DE QUÍMICA: UMA
ALTERNATIVA PARA AUTORREGULAÇÃO DA APRENDIZAGEM

161

Yrailmá Katharine de Sousa
Verônica Tavares Santos Batinga

CAPÍTULO VII

RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS NO ENSINO DE FÍSICA NA
PERSPECTIVA HISTÓRICO-CULTURAL DE VYGOTSKY: UMA
REVISÃO DE PESQUISAS NO ENSINO MÉDIO

182

Hemily Eduarda Santos
Gabriela Rejane Silva de Medeiros
Verônica Tavares Santos Batinga

CAPÍTULO VIII

PESQUISAS SOBRE JOGOS DIDÁTICOS NO ENSINO DE QUÍMICA
NA PERSPECTIVA HISTÓRICO-CULTURAL

207

Maria Rúbia Viana de Freitas
Verônica Tavares Santos Batinga

MINI-CURRÍCULOS DAS ORGANIZADORAS DO E-BOOK

222

MINI-CURRÍCULOS DOS AUTORES - CAPÍTULOS DO E-BOOK

224

APRESENTAÇÃO

O e-book “*Pesquisas sobre Resolução de Problemas no Ensino de Ciências e suas Interfaces*” foi elaborado a partir de trabalhos desenvolvidos no grupo de pesquisa “Ensino e Aprendizagem baseados na Resolução de Problemas” (NUPEABRP), certificado pelo CNPq, e vinculado aos Programas de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (PPGEC), ao Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI) e ao Departamento de Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

A descrição do NUPEABRP, de seus coordenadores e participantes encontra-se disponível no endereço http://dgp.cnpq.br/dgp/espe_lhogruo/479797#recursosHumanos e no Instagram [@nupeabrp](https://www.instagram.com/@nupeabrp). Os estudos específicos publicados em diferentes periódicos científicos nacionais e internacionais sobre Resolução de Problemas no Ensino de Química podem ser encontrados no website RPEQ - www.rpeq.ufrpe.br.

A experiência adquirida no curso de Licenciatura em Química e como professoras e pesquisadoras do PPGEC e PROFQUI possibilitou a formação de recursos humanos nos níveis de mestrado e doutorado para atuarem no ensino de ciências, adotando metodologias de ensino, como a resolução de problemas.

Esta vivência permitiu a criação do NUPEABRP que tem como objetivo contribuir para o desenvolvimento de pesquisas, produtos educacionais e atividades de ensino e extensão, envolvendo temáticas relativas às sequências didáticas investigativas, argumentação, alfabetização cien-

tífica, autorregulação da aprendizagem, jogos didáticos, cultura maker e questões sociocientíficas articuladas com a resolução de problemas, na perspectiva histórico-cultural, nas áreas de ciências da natureza na educação básica e ensino superior.

O e-book traz uma seleção de artigos de pesquisa produzidos pelo grupo, que objetivam contribuir como suporte teórico-metodológico para o ensino de ciências, e prática de ensino de professores e professoras de ciências sobre a abordagem de resolução de problemas no espaço da sala de aula de escolas e universidades.

A resolução de problemas é uma abordagem didática que possibilita a proposição e elaboração de diferentes tipos de problemas para o estudo de diversos conteúdos e conceitos em diferentes contextos de ensino e aprendizagem. Esta abordagem possibilita aos estudantes o desenvolvimento da autonomia, pensamento crítico, argumentação, tomada de decisão e da vivência de características da atividade científica, considerando as singularidades dos âmbitos escolar e acadêmico. E também potencializa a aprendizagem de conhecimentos conceituais, procedimentais e atitudinais pela mediação de problemas, que englobam temáticas ambientais, sociocientíficas, tecnológicas ou da realidade cotidiana.

Nos capítulos deste e-book consideramos que os termos resolução de problemas (RP), abordagem de resolução de problemas (ARP), ensino por situações-problema (SP), abordagem baseada em resolução de problemas (ABRP) e ensino e aprendizagem baseados na resolução de problemas (EABRP) apresentam significados similares. Eles aparecem nos capítulos deste e-book e são resultantes das pesquisas realizadas, que adotam diferentes referenciais teóricos.

Neste e-book apresentamos sete capítulos que versam sobre a abordagem de resolução de problemas no ensino de ciências e suas interfa-

ces com a Argumentação, História da Química, Sequência de Ensino e Aprendizagem, Autoregulação da Aprendizagem, Ensino por Investigação e Alfabetização Científica e aspectos da perspectiva histórico-cultural, segundo Vygotsky.

Os capítulos foram organizados do seguinte modo: O capítulo I intitulado “Resolução de Problemas no Ensino de Química: Um caminho para a emergência da Argumentação” traz uma discussão acerca da análise do desenho de uma sequência didática sobre o tema Sintomas de Gastrite, baseada na abordagem de resolução de problemas. Os resultados apontaram que a resolução de problemas apresenta um potencial significativo para o desenvolvimento da habilidade da argumentação, quando associada à solução de problemas autênticos, no contexto de aulas de Química no ensino médio.

O capítulo II “Ensino de História da Química e Resolução de Problemas: Diálogos Possíveis apresenta um ensaio teórico acerca da resolução de problemas históricos no ensino de História da Química. Sabe-se que conhecimentos históricos auxiliam no entendimento da Ciência e de aspectos relacionados à natureza da Ciência. Além disso, conhecimentos históricos podem ser mobilizados para o ensino favorecendo abordagens diferenciadas do ensino tradicional baseado na transmissão e na recepção de conhecimentos. O objetivo do presente estudo consiste em apresentar a resolução de problemas como uma abordagem didática para as aulas de História da Química no Ensino Superior. Inicialmente foi realizada uma revisão da literatura sobre a resolução de problemas históricos no ensino de química, após essa discussão, foram apresentados três problemas históricos: dois qualitativos e um experimental. Os problemas foram elaborados de acordo com pressupostos da Historiografia da Ciência Contemporânea e da Educação em Ciências. Para au-

xiliar na resolução dos problemas propostos foram recomendadas referências acessíveis. O primeiro problema histórico refere-se à Revolução Química que envolveu a substituição da teoria do flogisto pela teoria do oxigênio ao final do século XVIII. O segundo problema, apresenta caráter experimental e está relacionado ao modo como os químicos do século XVIII explicavam a combustão de velas em recipientes fechados. Por sua vez, o terceiro problema refere-se à elaboração do sistema periódico por Mendeleiev. As discussões sobre esses problemas foram realizadas de forma aprofundada e de acordo com diversos estudos históricos e historiográficos. Contudo, espera-se que estudantes de graduação possam construir soluções satisfatórias para os problemas propostos a partir de leituras e reflexões sobre os textos recomendados. Por fim, espera-se que os problemas históricos apresentados possam ser utilizados com ou sem modificações no ensino de História da Química visando a construção de conhecimentos que possam ser mobilizados para aprender e ensinar conteúdos químicos.

O capítulo III com o título “Sequência de Ensino e Aprendizagem Pautada na Resolução de Problemas para Abordagem da Temática Galvanoplastia busca avaliar a contribuição de uma sequência didática construída com base no ensino e aprendizagem baseados em resolução de problemas (RP) para o desenvolvimento de conceitos relacionados à galvanoplastia, considerados na literatura, como de difícil compreensão pelos estudantes. A metodologia envolveu a elaboração de um problema, como ponto de partida para leitura, análise e levantamento de hipóteses dos estudantes, atividades articuladas ao problema proposto construídas a partir da busca e seleção de vídeos e simulações para facilitar a discussão dos conteúdos: números de oxidação; reações redox; fatores que aceleram a produção de ferrugem; tipos de galvanoplastia; re-

lações da galvanoplastia com o cotidiano; entre outros. A sequência foi aplicada a trinta e quatro estudantes do segundo ano do ensino médio de uma escola pública. Os resultados mostraram que vários estudantes, distribuídos em duplas, conseguiram responder ao problema proposto considerando os três níveis do conhecimento químico, a saber: teórico, fenomenológico e representacional. Outras duplas responderam ao problema levando em conta pelo menos dois níveis do conhecimento químico, mas algumas duplas expressaram em suas respostas apenas um nível do conhecimento químico. O estudo destaca a necessidade da prática docente envolver metodologias alternativas ao modelo de ensino tradicional e que podem contribuir para a participação ativa, o engajamento e protagonismo dos estudantes.

O capítulo IV denominado de “Elaboração e Validação de uma Sequência Didática Investigativa para o estudo do conteúdo de Reações Químicas na Educação Básica” tem como objetivo realizar a validação de uma sequência com base na ferramenta de Diagnóstico de Elementos de Ensino de Ciências por Investigação. Os resultados mostraram que a sequência contempla elementos do ensino por investigação, permite a interação entre estudantes-estudantes e estudantes-professor, e a mediação do professor nas diferentes atividades delineadas, buscando possibilitar a construção coletiva do conhecimento químico escolar.

O capítulo V discorre sobre o “Ensino por Investigação na abordagem do tema Nanotecnologia: Possibilidade de desenvolvimento da Alfabetização Científica em aulas de Química no ensino médio” buscou identificar a emergência de indicadores de alfabetização científica (AC) no processo de resolução de problemas que envolvem o tema nanotecnologia e suas implicações ambientais. Os resultados indicaram que nas respostas aos problemas elaboradas pelos estudantes foi possível perce-

ber o indicador de AC, A1: utilização de conceitos científicos para integrar valores e saber tomar decisões responsáveis no dia-a-dia. Este indicador se aproxima dos objetivos educacionais presentes no documento curricular do ensino médio em Pernambuco (PERNAMBUCO, 2021), que sugere a discussão de conceitos científicos associada aos valores dos estudantes, visando formar indivíduos ativos, autônomos e críticos na sociedade, e que atuem considerando o uso da tecnologia de modo que não haja prejuízo para conservação do meio ambiente.

O capítulo VI com o título “Resolução de Problemas no Ensino de Química: Uma alternativa para Autorregulação da Aprendizagem” traz uma revisão bibliográfica que buscou analisar como a resolução de problemas tem sido abordada em pesquisas da área de ensino de ciências, que tem como participantes licenciandos em Química e, se elementos da autorregulação emergem nestas pesquisas. Os resultados mostraram que a resolução de problemas foi usada para promover discussões conceituais, atitudinais e procedimentais da Química, e introduzir elementos que rementem a autorregulação da aprendizagem de licenciandos como, a autonomia e a reflexão.

O capítulo VII denominado de “Resolução de Problemas no Ensino de Física na perspectiva Histórico-Cultural de Vygotsky: Uma revisão de pesquisas no Ensino Médio” apresenta uma revisão bibliográfica sobre pesquisas que envolvem a resolução problemas em física ancorada em categorias de Vygotsky, a tipologia dos problemas adotados e as temáticas de estudo. Os resultados indicaram que a teoria histórico-cultural foi utilizada para se referir a aspectos culturais e psicológicos do processo de ensino e aprendizagem, com relação às tipologias encontradas nos artigos analisados houve predominância de problemas investigativo

e real. E os temas abordados concentram-se no eixo Matéria e Energia e Terra e Universo.

O capítulo VIII intitulado “Pesquisas sobre Jogos Didáticos no Ensino de Química na perspectiva Histórico-Cultural” apresenta uma análise de pesquisas que abordam o uso de jogos no ensino de química na perspectiva Histórico-Cultural (PHC), segundo Vygotsky, no período de 2014 a 2020. O levantamento bibliográfico foi feito em periódicos científicos com estrato Qualis Capes A1 e A2. Os resultados mostraram que há um baixo quantitativo de trabalhos publicados, e a predominância de pesquisas sobre jogos na perspectiva da PHC pelos autores de uma mesma instituição. Percebeu-se que há necessidade de ampliação e diversificação de pesquisas elaboradas por outros pesquisadores, que apresentem debates, divergências e convergências, limites e possibilidades a respeito do uso de jogos como estratégia didática para o ensino de química.

Por fim, agradecemos a Deus pela oportunidade de publicar as pesquisas desenvolvidas na área de ensino de ciências e química. E somos gratas aos professores e professoras, mestrandos e doutorandos que aceitaram contribuir com a divulgação de suas pesquisas neste e-book. Deixamos registrado a nossa gratidão a todos/as que fazem/fizeram parte do NUPEABRP e que contribuem com a nossa trajetória profissional desenvolvida na UFRPE. Desejamos aos futuros estudantes e profissionais que se identificam com as nossas pesquisas que sejam muito bem vindos/as. Boa leitura!

*Angela Fernandes Campos
Verônica Tavares Santos Batinga
Recife, 19 de dezembro de 2022.*

RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS NO ENSINO DE QUÍMICA: UM CAMINHO PARA A EMERGÊNCIA DA ARGUMENTAÇÃO

Verônica Tavares Santos Batinga

INTRODUÇÃO

Uma das finalidades da abordagem didática de resolução de problemas (RP)¹, pautada no ensino por investigação é possibilitar aos estudantes a elaboração de hipóteses, a prática reflexiva, à tomada de decisões, a argumentação e o trabalho coletivo (BATINGA e TEIXEIRA, 2014).

Nesse sentido, aprender a argumentar também faz parte do processo de construção do conhecimento científico escolar. Consideramos atividades que envolvem a argumentação, como as que podem ser realizadas pelos alunos no processo de RP podem favorecer uma imagem do trabalho científico que inclua práticas de produção, avaliação e comunicação de conhecimentos científicos na escola. Segundo Kelly e Licona (in press) essas práticas são concebidas como práticas epistêmicas envolvidas na construção do conhecimento científico.

¹ Trabalho apresentado no I Congresso Nacional e IV Seminário Internacional - Argumentação na Escola, Recife, 2018.

Concordamos com Jiménez-Aleixandre (2010), que a argumentação contribui para a participação dos estudantes nas práticas epistêmicas que podem ser desenvolvidas em sala aula. Nesse estudo, consideramos que as atividades experimentais articuladas a RP podem favorecer a argumentação, com o uso de evidências que tornam mais explícitas aos estudantes uma visão de ciência que não é fixa e imutável, tem caráter provisório, portanto, as ideias ou modelos vigentes estão sujeitos a mudanças quando avaliados por evidências disponíveis em cada momento, e que estas podem ser interpretadas de forma distinta a partir do modelo teórico adotado.

FUNDAMENTAÇÃO

Nesse estudo problema é uma situação que não tem solução imediata e direta e requer dos sujeitos ou grupos um processo de reflexão e/ou uma tomada de decisão sobre a/as estratégias a ser seguida na sua resolução (BATINGA e TEIXEIRA, 2014).

Gil Pérez, Martinez Torregrosa e Sement Pérez (1988) apontam orientações que caracterizam o processo de RP, com base no ensino por investigação no contexto escolar. Sistematizamos orientações adaptadas para este estudo, visando caracterizar o processo de RP em aulas de Química:

- 1) Propor problemas oriundos de temas sociocientíficos ou de situações vividas pelos alunos em seu contexto social e natural por meio de um processo de problematização; 2) Favorecer a discussão e reflexão dos alunos sobre a relevância e o possível interesse com relação aos problemas apresentados; 3) Possibilitar análises qualitativas significativas, que ajudem os alunos a compreender o problema proposto e formular questões que direcionem a busca de soluções; 4) Considerar a elaboração

de hipóteses uma atividade central da RP, a qual torna explícita as concepções iniciais dos alunos.; 5) Realizar análises baseadas nas hipóteses elaboradas, fundamentadas teoricamente e com base em evidências relativas ao conhecimento químico; 6) Elaborar memórias científicas que possam refletir o percurso adotado na busca de respostas ao problema, privilegiando o debate que oportuniza justificativas de pontos de vista distintos, negociação e mudança de ideais, tomada decisões, consenso e comunicação durante a RP e 7) Enfatizar a dimensão coletiva da RP, por meio da socialização/comunicação do conhecimento produzido, privilegiando interações entre o professor e alunos e alunos-alunos nos grupos de trabalho.

Corroborando com as orientações destacadas por Gil Pérez, Martinez Torregrosa e Sement Pérez (1988), Vasconcelos e Almeida (2012) apresentam um processo cílico (Figura 1) que envolve a RP. A fase inicial da RP consiste na proposição de um problema pelo professor aos alunos, que devem resolvê-lo em pequenos grupos. A apresentação do problema pode ocorrer a partir de cenários diversos como exposição dialogada, textos, notícias de jornais, exibição de vídeos e trechos de filmes que visam contextualizar o enunciado do problema. Questões-problemas trazidas pelos alunos sobre o tema/conteúdo podem desencadear etapas da RP.

Em seguida, os alunos devem identificar os fatos fornecidos no enunciado do problema e elaborar questões sobre o problema, que direcionem a busca de respostas e socializá-las com a turma e professor. Na fase da investigação os estudantes devem elaborar hipóteses (possíveis soluções), encontrar evidências que os ajudem a elaborar argumentos, com base no conhecimento científico escolar, que serão base para as respostas apresentadas no final da RP (aplicação/adequação das pos-

síveis respostas ao problema). Ainda nessa fase os estudantes podem estruturar novas questões-problemas que surgem da fase da investigação. A **Figura 1** apresenta o processo cíclico da RP (VASCONCELOS e ALMEIDA, 2012).

Figura 1. Processo cíclico da RP.



Fonte: Vasconcelos e Almeida, 2012.

Segundo Jiménez-Aleixandre (2010) o discurso argumentativo se configura como uma prática fundamental na ciência, pois a atividade científica envolve criar hipóteses; fornecer e elaborar argumentos para apoiar e examinar hipóteses; tirar conclusões apresentando-as para convencer a comunidade científica. Nessa perspectiva, a RP apresenta características e ações em seu processo de RP, que permitem a emergência de elementos das práticas epistêmicas realizadas na atividade científica.

As práticas epistêmicas são centrais na produção, comunicação e apropriação do conhecimento (Kelly e Licona (in press)), nesse sentido,

para tal apropriação é necessário adquirir a capacidade de relacionar dados empíricos (evidências) com enunciados teóricos e, a partir disso obter conclusões.

Para Jiménez-Aleixandre (2010) a argumentação contribui com finalidades relacionadas à participação dos estudantes em práticas epistêmicas no âmbito escolar. Em outras palavras, a argumentação é uma ferramenta usada para avaliar e comunicar conhecimentos na comunidade científica. Para Jiménez-Aleixandre (2010) argumentar consiste em se tornar capaz de avaliar os enunciados com bases em evidências. Isso significa reconhecer que as conclusões e os enunciados científicos devem estar justificados, ou seja, apoiados em evidências.

Segundo Leitão (2000a) a argumentação é descrita como uma atividade social e discursiva que potencializa mudanças nas concepções dos indivíduos sobre temas e conteúdos específicos que são colocados em discussão. A argumentação se realiza pela justificação de pontos de vista e considerações de perspectivas contrárias, visando promover mudanças nas representações dos participantes sobre temas e conteúdos discutidos. Nessa linha de entendimento segundo De Chiaro e Leitão (2005) os pontos de vista apresentados pelos sujeitos são construídos, negociados e transformados a partir de abordagens e atividades que favorecem a emergência desses elementos.

A negociação e mudança são características que definem a argumentação, conferindo a esse tipo de discurso uma dimensão epistêmica que o institui como uma ferramenta privilegiada de medição em processos de construção do conhecimento que ocorrem em contextos sociais diversos (DE CHIARO e LEITÃO, 2005). Nesse trabalho nosso contexto é a sala de aula de Química.

Apresentamos nesse estudo uma sequência didática elaborada com base na RP, a qual em nossa compreensão possibilita aos estudantes o desenvolvimento da argumentação sobre temas e conteúdos químicos, especificamente, os sintomas de Azia Estomacal a fim de construir conhecimento sobre o conceito de ácido/base, reação de neutralização e sua representação química. No **Quadro 1** apresentamos exemplos de práticas epistêmicas segundo Kelly e Licona (in press), com adaptações feitas para esse estudo.

Quadro 1. Exemplos de práticas epistêmicas no contexto da abordagem de RP.

Práticas Epistêmicas	Exemplos de práticas epistêmicas na RP
Proposição	1. Elaborar problemas científicos escolares do tipo reais ou fictícios – professor 2. Planejar estratégias para a resolução de problemas – alunos 3. Elaborar hipóteses – alunos 4. Realizar observações e testar hipóteses, anotar/registrar evidências relevantes para a resolução do problema – alunos 5. Construir dados (responder questões) - alunos 6. Buscar fontes de informações relevantes para a resolução do problema – alunos
Comunicação	1. Desenvolver linha de raciocínio científico – alunos 2. Escrever memórias científicas (relatório científico) - alunos 3. Comunicar verbalmente um argumento científico para resolução do problema - alunos 4. Construir argumentos baseados em evidências e raciocínios vinculados à resolução do problema – alunos
Avaliação	1. Avaliar a relevância de uma afirmação, evidência ou um modelo científico. 2. Avaliar uma linha de raciocínio científico 3. Avaliar um argumento científico 4. Considerar justificações de pontos vista diferentes
Validação	1. Construir consenso de grupo para elaboração de argumentos 2. Reconhecer o conhecimento relevante para a comunidade epistêmica 3. Construir consenso de grupo para a solução mais adequada a resolução do problema

Fonte: adaptado de Kelly e Licona (in press).

O desenho da sequência didática (SD) com base na RP foi proposto para estudantes do 1º ano do Ensino Médio, no contexto de aulas de Química. A seguir, descrevemos as etapas da SD para introduzir o conteúdo de Reação de Neutralização articulado ao tema Sintomas de Gastrite: Azia Estomacal, durante quatro aulas, com duração total de 200 minutos.

A sequência busca promover o processo de resolução de problemas autênticos como uma ferramenta que pode potencializar a emergência da elaboração de argumentos pelos estudantes. O procedimento metodológico envolve três etapas: 1) Introdução sobre Reações de Neutralização no contexto do tema, 2) Realização de uma Atividade Experimental e 3) Elaboração de argumentos relacionados à Resolução de um Problema (P).

DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

1ª Etapa: Introdução sobre Reações de Neutralização no contexto do tema Sintoma de Gastrite: Azia Estomacal

Será introduzida com a apresentação de um problema (P) contextualizado ao tema com o objetivo de que os estudantes, organizados em pequenos grupos, possam levantar os fatos fornecidos no enunciado do problema, elaborar as hipóteses iniciais como possíveis respostas para a RP.

Nesse sentido a 1ª etapa contempla algumas fases envolvidas na RP, como: proposição de problemas oriundos que surgem de situações vividas pelos alunos em seu contexto social e natural. Questões-problemas relevantes ao tema podem ser elaboradas pelos estudantes, desencadear um processo de problematização e conduzir a busca de respostas, a elaboração de hipóteses como uma atividade central da RP, que pode

orientar o tratamento dos problemas e tornar explícitas as concepções iniciais dos alunos (GIL PÉREZ; MARTINEZ TORREGROSA e SEMENT PÉREZ, 1988; VASCONCELOS e ALMEIDA, 2012).

Elaboramos um problema (P) autêntico que permite articulação entre os conhecimentos científicos e os vinculados à realidade cotidiana dos estudantes (BATINGA e TEIXEIRA, 2014). P) Muitas pessoas têm a gastrite como problema de saúde. Seus sintomas são diversos, os mais comuns são as constantes azias. Sabe-se que algumas pessoas tomam certos medicamentos para amenizar tal sintoma. Quais são estes medicamentos? Qual a sua função Química? Como você justifica o fato de ingerir certos medicamentos e amenizar a azia? A ingestão de suco de limão pelas pessoas poderia ajudar a melhorar os sintomas de azia? Como você comprovaria experimentalmente? Justifique suas respostas com base na elaboração de argumentos e na realização de uma atividade experimental.

2^a Etapa: Realização de uma Atividade experimental

Nessa etapa os estudantes organizados em grupos pequenos realizarão uma atividade experimental envolvendo uma reação de neutralização ácido/base (tabela 1), com o objetivo de coletar e registrar dados, testar as hipóteses iniciais elaboradas e escolhidas em consenso por cada grupo na 1^a etapa. Esta atividade visa contemplar a fase de investigação do processo de RP e ajuda os estudantes a encontrar evidências para elaborar argumentos sobre possíveis soluções, as quais serão apresentadas no fim da RP. Os grupos podem consultar as fontes de informação para a elaboração de argumentos: aulas expositivas dialogadas apresentadas pelo professor, livro didáticos e/ou artigos de química envolvendo o tema discutido.

3^a Etapa: Elaboração de argumentos relacionados à Resolução de um Problema (P)

Na 3^a etapa os estudantes serão incentivados pelo professor a resolver questões sobre a atividade experimental, como: Q1. O que é um ácido fraco? Q2. O que é uma base forte? Q3. O que é um ácido forte? Q4. O que acontece quando uma solução de ácido fraco é misturada com solução de uma base forte? Q5. O que acontece quando uma solução de ácido forte é misturada a uma solução de base forte? Q6. O que acontece quando uma solução de ácido fraco entra em contato com água? Como você representaria o que ocorre durante o contato entre os reagentes/soluções mencionados nas Q4 e Q6, utilizando a linguagem química? Justifique suas respostas às questões com base no conhecimento da química. E a elaborar argumentos com base nas evidências encontradas durante a realização do experimento e no conhecimento químico em estudo.

A partir de um processo de reflexão, compartilhamento e negociação de pontos de vista os estudantes podem confirmar ou não a hipótese inicial ou elaborar novas hipóteses e questões-problemas (Vasconcelos e Almeida, 2012), e propor e comunicar uma resposta para o problema (P) que represente o consenso do grupo. Esta etapa permite aos estudantes vivenciar as seguintes fases da RP: realizar análises baseadas nas hipóteses elaboradas e construir argumentos fundamentados no conhecimento químico; elaborar memórias científicas que refletem o percurso adotado (debate e comunicação) na busca de respostas para o problema e socializar o conhecimento produzido privilegiando a interação entre o professor e alunos e alunos-alunos nos grupos de trabalho (GIL PÉREZ; MARTINEZ TORREGROSA e SEMENT PÉREZ, 1988; VASCONCE-

LOS e ALMEIDA, 2012). A seguir apresentamos na **Tabela 1** uma síntese das atividades e ações propostas para a sequência.

Tabela 1. Síntese das atividades e ações da sequência didática.

Tema: Reação de Neutralização Ácido/Base no contexto de sintomas relacionados com a Gastrite					
Quantidade de aulas: 04		Turma: 1º ano do Ensino Médio			
Objetivo de ensino e aprendizagem: compreender fenômenos químicos a partir da resolução de problemas que potencializem a elaboração de argumentos.					
Etapas/ Atividades	Fontes de Informação	Descrição das ações	Conteúdo	Recursos	Tempo
Etapa Apresentação Problema (grupos)	Vídeo didático	Elaborar hipóteses sobre o problema; Socializar e escolher hipóteses; Expressar concepções prévias; Identificar fatos	Reação de neutralização ácido-base: conceituação, representação das reações de neutralização, relações estequiométricas envolvendo reação de neutralização, técnicas de observação, registro, análise e manipulação de materiais de laboratório, sistematização e comunicar dados.	Ficha com problema	
Etapa 2: Realização de Atividade Experimental 1	Aula expositiva dialogada	Testar hipóteses; Buscar evidências; Resolução de questões sobre atividade experimental	Proposição de modelos explicativos para ocorrência de reações de neutralização.	Roteiro da Atividade Experimental	200 minutos
Etapa 3: Elaboração de Argumentos	Experimento	Producir respostas ao problema baseadas nas evidências encontradas Elaborar novas hipóteses e questões-problemas, Aplicar e comunicar o conhecimento aprendido		Ficha com questões sobre o experimento	
				Materiais e vidrarias de laboratório	

Fonte: Própria.

DISCUSSÃO

Considerando que os processos de argumentação não se produzem em qualquer contexto de sala de aula, nem a partir de qualquer tipo de orientação curricular (Jiménez-Aleixandre, 2010), e concordando com Kuhn (1991) que defende a proposição de abordagens didáticas que buscam proporcionar aos estudantes experiências de argumentação em aulas, propomos, nesse trabalho, um cenário de aprendizagem voltado para a RP que engloba atividades e recursos que possibilitam aos estudantes oportunidades para se engajarem na construção de argumentos, oriundos de processos de negociação e de diferentes pontos de vista, que emergem no coletivo das ações discursivas em sala de aula (DE CHIARO e LEITÃO, 2005).

Entendendo que a argumentação pode emergir no processo de RP, buscamos relacionar as ações realizadas pelos estudantes com as práticas epistêmicas de comunicação, avaliação e validação do conhecimento na vivência da sequência didática elaborada para aulas de Química do Ensino Médio. Na tabela 2 destacamos a 3^a etapa da SD, a qual pode ocorrer emergência da argumentação.

Tabela 2. Etapas da sequência e emergência da argumentação.

Problema	Etapas/atividade da SD a partir da RP	Emergência da argumentação a partir das Ações dos estudantes (Quadro 1)	Práticas epistêmicas
Problema (P)	3 ^a Etapa: Elaboração de argumentos relacionados à Resolução de um Problema	7, 8, 9 e 10	Comunicação

Problema (P)	3 ^a Etapa: Elaboração de argumentos relacionados à Resolução de um Problema	11 e 13 (Avaliar respostas ao problema propostas por cada grupo) 14 (Elaborar novas hipóteses e questões-problemas)	Avaliação
Problema (P)	3 ^a Etapa: Elaboração de argumentos relacionados à Resolução de um Problema	15, 16 e 17 (Aplicar e comunicar conhecimento aprendido) - grupos de alunos	Validação

Fonte: Própria (2022).

As atividades e ações realizadas pelos estudantes no processo de RP posto suscitam elementos presentes na definição de argumentação segundo Jiménez-Aleixandre (2010) e De Chiaro e Leitão (2005), como: várias possibilidades de respostas quanto aos medicamentos usados para aliviar os sintomas de azia. Sobre a ingestão de suco de limão para amenizar a azia, o discurso dos alunos proveniente do cotidiano foca no fato do limão ser uma fruta de sabor ácido, então, não poderia combater a azia e sim piorá-la.

O discurso da Química afirma que a composição do suco de limão contém ácido cítrico, que reage com a água a partir de uma reação de hidrólise, produzindo um meio alcalino. Nesse sentido, os sintomas de azia podem ser atenuados. As respostas (hipóteses) elaboradas pelos alunos ao problema P podem representar diferentes pontos de vista (atributo necessário para a emergência da argumentação) quanto a sua resolução.

A atividade experimental é uma ferramenta na qual os estudantes podem coletar dados e selecionar evidências que possam justificar/confirmar ou não seus pontos de vista iniciais (hipóteses) sobre as respostas ao problema. Podem ainda surgir perspectivas contrárias entre os pon-

tos de vistas dos estudantes e as evidências provenientes da realização do experimento.

A 3^a etapa da sequência pode suscitar momentos de negociação e mudança nos pontos de vista dos estudantes e abrir espaço para a escolha/consenso de cada grupo quanto às repostas mais adequadas para a RP. Então, nessa etapa há potencial de emergência da argumentação como mediadora da construção do conhecimento sobre os fenômenos químicos que ocorrem na ingestão de medicamentos naturais para amenizar sintomas de azia. Mediação esta que não é possível na abordagem de ensino e aprendizagem que visa à transmissão-recepção, memorização e reprodução do conhecimento.

Quanto à função química das substâncias contidas nos medicamentos umas são classificadas como ácido no caso do ácido cítrico presente no limão, e outras como base, como o hidróxido de magnésio presente no leite de magnésia. A própria conceituação sobre ácido/base na química é entendida de forma relativa por depender do meio (solvente) no qual essa substância será dissolvida, e da interação química que ocorrerá, podendo produzir um meio alcalino ou ácido. Esse atributo do conceito de ácido/base também propicia criar problemas autênticos que favorecem situações adequadas para processos de argumentação em aulas de Química.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os elementos envolvidos na definição de argumentação propostas por Leitão (2000a), De Chiaro e Leitão (2005) e Jiménez-Aleixandre (2010) se complementam, e potencializam a emergência da argumentação pelos alunos na experiência com as atividades e ações da sequência didática proposta com base na Resolução de Problemas, sobre o tema Sintomas da Gastrite: Azia Estomacal, em aulas de Química. Como a

argumentação ainda é pouco presente em sala de aula, este estudo contribui com a apresentação de ideais, pistas e sugestões teórico-metodológicas que auxiliem o professor a desenvolvê-la em sua prática docente na escola.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Orientações curriculares para o ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias.** Brasília (DF), Secretaria de Educação Básica: MEC, 2006.

DE CHIARO, S.; LEITÃO, S. O papel do professor na construção discursiva da argumentação em sala de aula. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 18, n. 3, p. 350-357, 2005.

GIL PERÉZ, D.; MARTINEZ TORREGROSA, J.; SENENT PEREZ, F. El fracasso en la resolución de problemas de física: una investigación orientada por nuevos supuestos. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 6, n.2, p. 131-146, 1988.

KELLY, G. J.; LICONA, P. (in press). **Epistemic practices and science education.** In: M. Matthews (ed.). History, philosophy and science teaching: New research perspectives, Springer: Dordre.

LEITÃO, S. A construção discursiva da argumentação em sala de aula. In: **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Psicologia**, 30., Brasília, 2000a.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. **10 ideas clave: competencias en argumentación y uso de pruebas.** Editorial GRAÓ: Barcelona, 2010, 200p.

VASCONCELOS, C.; ALMEIDA, A. **Aprendizagem baseada na resolução de problemas no ensino de ciências.** Porto Editora: Portugal, 2012. 127p.

ENSINO DE HISTÓRIA DA QUÍMICA E RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS: DIÁLOGOS POSSÍVEIS

Lucas dos Santos Fernandes

INTRODUÇÃO

História da Química é uma disciplina tradicional nos cursos superiores de Química no Brasil. Trata-se de um componente curricular que tem o objetivo geral de proporcionar aos químicos a construção de conhecimentos sobre as origens e evolução da Química enquanto Ciência. Esses conhecimentos são importantes, pois, tanto auxiliam o futuro professor no entendimento da Química, quanto podem ser mobilizados para o ensino de conteúdos científicos. Segundo as Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química, licenciados e bacharéis deverão “Reconhecer a Química como uma construção humana e compreendendo os aspectos históricos de sua produção e suas relações com os contextos culturais, socioeconômico e político” (BRASIL, 2001, p. 2). Nesse sentido, a disciplina História da Química pode ser um espaço privilegiado, mas não o único, para empreender as discussões previstas nas diretrizes.

Apesar da sua importância para a formação inicial de professores, alguns estudos apontam dificuldades no ensino de História da Química, tais como: (i)- conhecimentos químicos insuficientes; (ii)- visões distor-

cidas acerca do desenvolvimento científico e tecnológico; (iii)- ausência de relação entre a História da Química e o ensino de Química; (iv)- falta de materiais didáticos que abordam a História da Química de forma adequada (MARTORANO; MARCONDES, 2012; VIANA; PEREIRA; OKI, 2011; OKI; MORADILLO, 2008). Como consequência dessas dificuldades em relação à História da Química, observa-se que “[...] muitas vezes os licenciados que vão para as escolas nem ao menos tiveram uma formação que os dê confiança e meios para usá-la em seus planejamentos de aula” (ESPIR; EPOGLOU; MARQUES, 2019, p. 661).

Após vivenciarem essas dificuldades durante a formação inicial, os licenciados poderão ainda se deparar nas escolas com livros didáticos de Química que não abordam a História da Química de forma adequada (NAVARRO; FÉLIX; MILLARÉ, 2015). Nesse sentido, observa-se que em grande parte das inserções da História da Química em livros didáticos “[...] consta apenas nome do cientista e ano de nascimento e morte, não mostrando aos estudantes que a Ciência não possui esse caráter imediatista [...]” (NAVARRO; FÉLIX; MILLARÉ, 2015, p. 61). Se não houver uma reflexão crítica sobre como a História da Química está sendo apresentada nos livros didáticos e demais materiais de ensino, corre-se o risco de se reproduzir os mesmos equívocos contidos nesses materiais e provocar a formação concepções alternativas acerca do desenvolvimento histórico da Química por parte dos estudantes.

Além dos livros didáticos de Química, alguns livros de divulgação científica abordam a História da Química de forma inadequada, reproduzindo mitos apócrifos e evidências anedóticas (STRATHERN, 2002; KEAN, 2019; ROONEY, 2019). Na esteira dos mitos apócrifos, pode ser citada a lenda de que antes de ser decapitado com a guilhotina, Lavoisier teria sido a cobaia de seu último experimento científico. Ele teria pedi-

do para um colega contar quantas vezes ele piscaria após ser degolado (ROONEY, 2019). Apesar do mito ser apócrifo, Kean (2019) afirma que, segundo algumas fontes (sem citá-las nas referências), Lavoisier teria piscado 11 ou 15 vezes. Provavelmente, em muitas ocasiões, mitos como este, podem chamar mais a atenção dos estudantes do que as discussões sobre personagens, teorias e práticas que fazem parte da História da Química.

De acordo com uma revisão da literatura realizada por Callegario *et al.*, (2015, p. 990), “[...] a inserção da História da Ciência no ensino de Química vem crescendo nos últimos anos, principalmente no que se refere à formação de professores e aplicação de estratégias diferenciadas em sala de aula”. No entanto, os estudos sobre essa temática ainda são poucos e orientados sob dois objetivos principais: 1- ensinar conteúdos químicos; 2- contribuir para a formação de professores (CALLEGARIO *et al.*, 2015). Nesse sentido, percebe-se que estudos voltados para as questões relacionadas ao ensino e às aprendizagens em disciplinas de História da Química são escassos.

Considerando as dificuldades do ensino de História da Química e o baixo número de estudos sobre esse tema, o presente capítulo tem como objetivo geral: *Apresentar a resolução de problemas como uma abordagem didática para as aulas de História da Química no Ensino Superior*. Dessa forma, espera-se contribuir para a construção de conhecimentos sobre a História da Química e sobre uma abordagem didática reconhecidamente facilitadora da aprendizagem de conteúdos químicos (CAMPOS; BATINGA, 2022).

UMA HISTÓRIA DA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS NO ENSINO DE QUÍMICA

O químico alemão Justus von Liebig (1803-1873) tem sido apontado como um dos primeiros cientistas bem sucedidos na utilização da resolução de problemas para ensinar Química (ELLIOT; STEWART; LAGOWSKI, 2008). Liebig dirigiu o principal Laboratório de Química na Universidade de *Giessen* entre 1824 e 1852, período em que orientou e ensinou centenas de estudantes de várias nacionalidades utilizando uma abordagem mais conhecida como ‘método de laboratório’. Essa abordagem de ensino experimental disseminou-se mundialmente graças aos alunos de Liebig que a replicaram em seus países.

O ‘método de laboratório’ criado por Liebig começava com a prática de técnicas simples, tais como: afiar instrumentos de corte, cortar e perfurar cortiça e soprar e dobrar vidros. Todas atividades eram supervisionadas de perto por assistentes de laboratório e pelo próprio Liebig. Após conseguirem executar sem dificuldades as técnicas básicas necessárias para a realização de experimentos, os estudantes recebiam frascos com amostras etiquetados com letras do alfabeto (GOOD, 1936). A tarefa dos estudantes consistia em analisar qualitativamente cada amostra. Junto com os frascos, era entregue também um texto de introdução à análise qualitativa.

O curso de Química promovido por Liebig durava o verão inteiro, nesse período, cada estudante deveria completar a análise qualitativa de 24 amostras, uma para cada letra do alfabeto alemão. O curso, originalmente denominado ‘O Alfabeto’, evoluiu até ser chamado de ‘Os Cem Frascos’. Após obter sucesso na análise de todos os frascos, o estudante tornava-se um pesquisador capaz de empreender investigações de forma autônoma (SHEPPARD; HOROWITZ, 2006). A qualidade da

formação tornou o Laboratório de *Giessen* um dos centros de formação em Química mais influentes do mundo na época (GOOD, 1936).

O ‘método de laboratório’ de Liebig guarda algumas semelhanças a abordagem de ensino por investigação (ELLIOT; STEWART; LAGO-WSKI, 2008). Nesse sentido, os estudantes de *Giessen* empreendiam 24 pequenas pesquisas durante o ‘curso do alfabeto’. A investigação de cada frasco envolvia a realização de uma série de testes qualitativos para determinar o conteúdo das amostras. Em cada investigação, os estudantes contavam com um texto de análise química qualitativa para consulta, equipamentos e reagentes para realizar os ensaios analíticos e supervisão para orientar o trabalho experimental. Ao contrário dos roteiros experimentais engessados, os estudantes de Liebig deveriam ser criativos, cuidadosos e precisos sem suas análises. O diferencial do ‘método de laboratório’ de *Giessen* era a liberdade para cada estudante desenvolver suas próprias investigações, sempre sob olhos atentos de Liebig.

O método de ensino investigativo criado por Liebig foi copiado por outros professores de Química e replicado por ex-alunos e orientandos do químico alemão em seus países. Particularmente nos Estados Unidos, as ideias de Liebig para o ensino de Química tiveram grande repercussão. Em 1844, o norte-americano Eben Horsford (1818-1893) viajou para *Giessen*, para estudar Química no laboratório de Liebig. Após concluir o curso dos ‘Cem Frascos’, Horsford inaugurou, em 1847, um laboratório na *Lawrence Scientific School*, em Harvard. Seu objetivo era replicar o método de ensino com o qual foi ensinado no laboratório de *Giessen* (SHEPPARD; HOROWITZ, 2006).

Charles W. Eliot (1834-1926) entrou em contato com o ‘método de laboratório’ de Liebig quando foi estudar na *Lawrence Scientific School* em 1849. Após formar-se, Eliot tornou-se professor assistente de Quí-

mica e, em 1861, assumiu as aulas de Horsford, ex-aluno de Liebig. Em 1869, Eliot foi nomeado presidente da Universidade de Harvard e promoveu uma série de reformas para implementar o ‘método de laboratório’ principalmente no ensino de Química e de Física. Eliot presidiu Harvard por quarenta anos e as reformas no ensino promovidas por ele tiveram impacto nos sistemas de ensino universitário e pré-universitário norte-americanos (ELLIOTT; STEWART; LAGOWSKI, 2008).

Por influência direta de Eliot, as escolas que preparavam estudantes para as universidades americanas reformaram, adaptaram ou construíram laboratórios para o ensino de Química e Física. Além disso, alguns estados americanos incluíram o ‘método de laboratório’ como componente obrigatório para a formação de professores de Ciências. Dessa forma, os laboratórios passaram a fazer parte do cotidiano das escolas americanas, uma tradição que se mantém até os dias atuais (SHEPPARD; HOROWITZ, 2006).

Após a Segunda Guerra Mundial, reformas educacionais americanas destacaram a importância das Ciências Naturais e suas Tecnologias e da abordagem de ensino por descoberta. No ensino por descoberta, os professores orientavam os estudantes no desenvolvimento de pequenas pesquisas visando a redescoberta de leis e teorias científicas (POZO; CRESPO, 2009).

Na esteira dessas reformas foram implementados projetos educacionais que posteriormente influenciaram outros países (BELTRAN; SAITO, 2017). No que se refere à Química, alguns materiais didáticos provenientes desses projetos foram importados para o Brasil, destacando-se o *Chemical Bond Approach* (CBA) e o *Chemical Educational Material Study* (CHEMS). Esses projetos enfatizavam o ensino de Química por meio de atividades experimentais (GEPEQ, 2009). Os livros didáti-

cos provenientes do CBA foram introduzidos no Brasil a partir de 1960 em três volumes intitulados: 'Sistemas Químicos - CBA'. Por sua vez, o CHEMS deu origem às edições brasileiras do livro: 'Química: Uma Ciência Experimental', em dois volumes.

Numa perspectiva histórica, é possível afirmar que o 'método de laboratório' criado por Liebig, na primeira metade do século XIX, influenciou o sistema americano de ensino, que por sua vez influenciou o currículo de Ciências brasileiro a partir da introdução de obras didáticas enfatizando a experimentação.

O desempenho dos estudantes no modelo de ensino por descoberta não apresentou os resultados esperados (GIL-PÉREZ, 1993). Mesmo assim, as atividades investigativas foram inseridas nas propostas de ensino construtivistas da década de 1980. Nessa época, a Educação em Ciências caracterizava-se como uma área da pesquisa em fase de expansão e consolidação de suas linhas de pesquisa, entre as quais, a resolução de problemas era um dos principais segmentos (CACHAPUZ, 2014; CACHAPUZ *et al.*, 2011).

Em síntese, pode-se afirmar que as atividades de laboratório previstas no ensino por descoberta nos currículos americanos, após a segunda guerra mundial, foi uma das portas de entrada para a resolução de problemas no ensino de Química. Como consequência dessa entrada, surgiram a partir dos anos finais da década de 1970, as primeiras pesquisas na área de Educação em Ciências voltadas para a resolução de problemas no ensino de Química.

A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS NO ENSINO DE HISTÓRIA DA QUÍMICA

Nos próximos parágrafos serão apresentadas algumas orientações visando melhorar os aspectos didáticos do ensino de História da Química utilizando a resolução de problemas.

Segundo Cortes (1992), podem ser delineados dois tipos de problemas no ensino de História da Química:

- Diante do desenvolvimento histórico de um determinado tema, fazer a análise do conhecimento científico e tecnológico que foi sendo alcançado, bem como dos conhecimentos prévios necessários para tal desenvolvimento.
- Conhecendo o estado atual da arte em uma determinada área do conhecimento científico, reconstruir, através da evolução histórica, os passos fundamentais que foram necessários para chegar à situação atual (CORTES, 1992, p. 1012).

Os tipos de problemas propostos por Cortes (1992) baseiam-se em concepções já superadas na História da Ciência que consideravam o conhecimento científico linear e progressivo (ALFONSO-GOLDFARB, 1994). Esse tipo de visão histórica também é chamado de presentista, pois valoriza apenas as ideias, teorias e práticas consideradas corretas do ponto de vista atual (MARTINS, 2004). Do ponto de vista presentista, apenas as teorias corretas contribuíram para o progresso científico. Por outro lado, as teorias julgadas incorretas atualmente, apenas atrasaram as descobertas científicas. Um dos maiores exemplos de presentismo na História da Química é a falsa visão de que a prática da Alquimia foi um

erro que levou ao atraso da consolidação da Química enquanto Ciência (PEREIRA, 2022).

Antes de propor problemas no ensino de História da Química, recomenda-se alguma compreensão de aspectos básicos da Historiografia Contemporânea da Ciência (ALFONSO-GOLDFARB; FERRAZ; BELTRAN, 2004; ALFONSO-GOLDFARB, 1994). Sem a compreensão desses aspectos, corre-se o risco de apresentar enunciados de problemas puramente internalistas (que consideram apenas o contexto científico e ignoram o contexto sócio-histórico), presentistas (que consideram apenas o que deu certo), continuistas (que consideram o presente como desenvolvimento linear do passado) e progressistas (que considera o presente uma evolução do passado).

Além dos problemas históricos qualitativos, existe a possibilidade da resolução de problemas históricos experimentais. Chang (2011) classificou os problemas históricos experimentais em três tipos: replicação do experimento, replicação do fenômeno e extensão da replicação. No ensino de Química, essa abordagem é mais restrita em função das transformações que o laboratório químico passou nos últimos 300 anos. Nesse sentido, retortas, vasos do tipo pelícano e cubas pneumáticas atualmente são artefatos museais. Além disso, os reagentes utilizados no passado apresentavam grau de pureza muito inferior aos que são empregados hoje. Por esses motivos, replicação de experimentos originais realizados por Lavoisier, Berzelius ou Marie Curie torna-se muito difícil.

Soma-se a essas limitações, o fato de que no passado os químicos raramente utilizavam algum de equipamento de proteção e trabalhavam com diversas substâncias consideradas atualmente tóxicas (mercúrio, chumbo, arsênio, urânio, etc.). As questões éticas envolvendo a pesquisa com animais e seres humanos e os cuidados com a geração de resíduos

tóxicos também não estavam entre as preocupações dos químicos dos séculos passados.

Os experimentos de replicação de um fenômeno, não envolvem a reprodução original utilizando os mesmos equipamentos e reagentes. O foco desses experimentos é exclusivamente a observação do fenômeno. Dessa forma, seria possível reproduzir, entre outros experimentos clássicos, a síntese da ureia, realizada pela primeira vez pelo químico alemão Friedrich Wöhler (1800-1882), em 1828, utilizando equipamentos modernos e reagentes de elevado grau de pureza (KAUFFMAN; CHOOLJIAN, 1979).

Por fim, nos experimentos de extensão da replicação testa-se novas hipóteses por meio da variação de procedimentos, materiais ou reagentes. Por exemplo, em 1850 o químico inglês Alexander William Williamson (1824-1904) sintetizou éter etílico (etóxi-etano – $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$) ao reagir etóxido de potássio ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OK}$) com iodo-etano ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{I}$) (WILLIAMSON, 1850). Esse método de produção de éteres ficou conhecido como síntese de Williamson e é um dos experimentos clássicos da Química Orgânica. Um experimento de extensão da síntese de Williamson poderia ser realizado substituindo-se o iodo-etano, um haleto de alquila primário, por haletos de alquila secundários ou terciários. Com a substituição, a velocidade dessa reação química diminui consideravelmente (SOLOMONS; FRYHLE; SNYDER, 2018). Nesse sentido, além das questões históricas, a replicação com modificações da síntese de Williamson poderia ser utilizada para abordar conteúdos relacionados às reações orgânicas de substituição nucleofílica e à cinética química.

Serão apresentados nos próximos tópicos três exemplos de problemas históricos construídos a partir de orientações da área de Educação

em Ciências para a elaboração de enunciados problemáticos (CAMPOS; NIGRO, 1999; LOPES, 1994) e da Historiografia Contemporânea da Ciência (ALFONSO-GOLDFARB, 1994; ALFONSO-GOLDFARB; FERRAZ; BELTRAN, 2004).

PROBLEMA 1: LAVOISIER E A ELABORAÇÃO DA TEORIA DO OXIGÊNIO

O primeiro problema a ser discutido envolve um dos episódios mais emblemáticos da História da Ciência chamado por alguns historiadores de Revolução Química (MAAR, 2008).

Quadro 1. Problema histórico relacionado à teoria do flogisto.

No século XVIII, os químicos observaram que na maioria das reações de combustão os produtos apresentavam massa menor que os reagentes. Porém, em alguns casos, após a combustão a massa aumentava. A teoria do flogisto, aceita pela maioria dos químicos da época, explicava a diminuição da massa admitindo que o flogisto deixava a substância ao longo da combustão. Como o químico francês Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794) explicou a anomalia do aumento da massa dos produtos após a combustão? Como ocorreu a Revolução Química que levou à substituição da teoria do flogisto pela teoria do oxigênio? Quais as consequências desse episódio histórico para a Química?

Fonte: Própria.

Para a resolução desse problema histórico qualitativo é necessária a compreensão do contexto histórico da Química no século XVIII. Isso envolve conhecimentos sobre a teoria do flogisto, acerca da química pneumática e em relação às pesquisas desenvolvidas por Lavoisier e seus colaboradores que culminaram com a teoria do oxigênio.

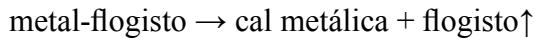
Para solucionar esse problema, recomenda-se a leitura de dois textos: 1- a comunicação científica em que Lavoisier descreveu pela primeira vez a preparação do ar oxigênio (LAVOISIER, 1778); 2- um texto

que descreve todo o contexto científico que culminou com a Revolução Química que substituiu a teoria do flogisto pela teoria do oxigênio (ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016).

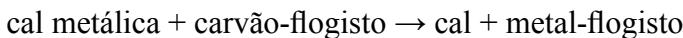
A teoria do flogisto (ou flogístico) foi formulada pelo médico alemão Joachim Bécher (1635-1682) e disseminada pela Europa por seu discípulo Georg Stahl (1660-1734). Segundo essa teoria, a combustão era explicada como a perda de flogisto por um corpo. Dessa forma, apenas corpos contendo flogisto entravam em combustão. O flogisto seria uma substância, espécie de princípio do fogo, que deixava os corpos com o aquecimento (MAAR, 2008).

O flogisto não poderia ser isolado. Era um princípio obscuro, visto desconfiança por uma parte da comunidade científica. A perda de flogisto pela combustão causava a diminuição da massa dos corpos. Os metais seriam constituídos por uma cal metálica unida a uma quantidade de flogisto. Após a calcinação, restava apenas a cal do metal, pois o flogisto havia se desprendido e se misturado ao ar atmosférico (ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016).

Em notação atual, a reação de calcinação dos metais poderia ser representada da seguinte forma:



Após calcinado, o metal poderia ser revivificado pela adição de carvão, corpo rico em flogisto, segundo a equação química em notação atual:



Ao longo século XVIII, experimentos de calcinação indicavam que alguns corpos aumentavam sua massa após calcinados. A teoria do flogisto não conseguia explicar essa anomalia, que a princípio não a amea-

çava. Alguns adeptos da teoria do flogisto empregavam hipóteses *ad hoc* para explicar o aumento de massa de alguns corpos após a calcinação (CHALMERS, 1993). Modificações *ad hoc* visam salvar uma teoria por meio de hipóteses que não podem ser testadas experimentalmente. No caso da teoria do flogisto, alguns de seus defensores lançaram a hipótese de que flogisto apresentava peso negativo. Dessa forma, ao se combinar-se com os metais o flogisto conferia-lhes um peso menor. Sendo assim, após a calcinação, os metais aumentariam de peso após a saída do flogisto (ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016).

Em 1772, o químico francês Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794) realizou experimentos com enxofre e fósforo que evidenciaram o aumento de massa após a combustão. Ao interpretar esses resultados, Lavoisier afirmou que durante a combustão o ar combinava-se com esses corpos tornando-os mais pesados. Ao aquecer o litargírio (óxido de chumbo II, PbO) na presença de carvão, Lavoisier também observou a formação de ar (MAAR, 2008).

Ao final 1774, Lavoisier estava atualizado em relação às descobertas dos ‘ares’ pelos químicos pneumáticos (ar fixo – CO₂, descoberto por Joseph Black em 1755; ar deflogisticado – O₂, descoberto por Joseph Priestley em 1774; ar do fogo – O₂, descoberto por Carl Scheele em 1771). Priestley visitou Paris em outubro de 1774 e na oportunidade conheceu Lavoisier e sua esposa e assistente de laboratório, Marie-Anne Pierrette Paulze. Nesse encontro, Priestley contou sobre os experimentos que produziram o ar deflogisticado (MAAR, 2008).

Priestley, adepto da teoria do flogisto, denominou de ar deflogisticado o ar produzido pelo aquecimento do *mercurius precipitatus per se* (óxido de mercúrio II - HgO). Segundo a teoria do flogisto, após a combustão de um corpo, as chamas se apagavam por causa da saturação do

ar pelo flogisto. Como o ar deflogisticado mantinha as chamas acesas, Priestley assumiu que esse ar, supostamente pobre em flogisto (por isso denominado ar deflogisticado), absorvia grandes quantidades do flogisto liberado durante a combustão.

A partir de novembro de 1774, Lavoisier começou a reproduzir os experimentos relacionados ao ar deflogisticado de Priestley. Inicialmente, ele aqueceu o *mercurius precipitatus per se* junto com carvão e observou a formação de mercúrio e de ar fixo. Em seguida, Lavoisier aqueceu o *mercurius precipitatus per se* sem adicionar carvão e observou novamente a formação de mercúrio e de um ar que ele chamou de eminentemente respirável (LAVOISIER, 1778). Em notação moderna, as reações químicas realizadas por Lavoisier podem ser representadas da seguinte forma:



Lavoisier testou as propriedades dos ‘ares’ produzidos nesses experimentos e concluiu que o último seria uma porção mais pura do ar atmosférico que tornava a respiração mais suave, por isso o denominou de ar eminentemente respirável. Na interpretação desses experimentos, ele argumentou que o ar fixo era formado quando o ar eminentemente respirável, deixava o *mercurius precipitatus per se*, e se combinava com o carvão. Por outro lado, o ar eminentemente respirável era produzido pelo aquecimento do *mercurius precipitatus per se* sem a presença de carvão. Portanto, o *mercurius precipitatus per se* seria um corpo formado por mercúrio e ar eminentemente respirável (LAVOISIER, 1778). Finalmente, Lavoisier chegou à conclusão de que o aumento de peso dos

metais após a calcinação deve-se à combinação entre os metais e o ar eminentemente respirável.

Após realizar experimentos com o ar eminentemente respirável, Lavoisier se convenceu que este sempre formava corpos ácidos. Baseado nessa conclusão, ele o denominou ‘princípio oxigênio’, que em grego significa formador de ácidos (ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016). A partir de então, Lavoisier e seus colaboradores passaram a defender a participação do oxigênio nos mais diversos tipos de transformações químicas (calcinação, combustão, redução de metais, reações ácido-base) e na respiração. Dessa forma, o reconhecimento do oxigênio como o princípio básico das reações de combustão produziu o que pode ser chamada de teoria do oxigênio. A teoria do oxigênio explicava melhor as reações de combustão do que a teoria do flogisto. Mesmo assim, foi necessária quase uma década para que a teoria do oxigênio fosse adotada de forma consensual pela comunidade de químicos (KUHN, 1998).

A Revolução Química que substituiu a teoria do flogisto pela teoria do oxigênio não ocorreu rapidamente. Lavoisier teve que convencer a comunidade científica por meio de uma série de comunicações e publicações que a teoria do oxigênio explicava de forma mais simples e adequada as reações de combustão e calcinação do que a teoria do flogisto. A teoria do oxigênio foi adotada por uma parcela dos químicos. Outra parcela permaneceu fiel à teoria do flogisto. Com o passar do tempo, alguns cientistas se renderam à teoria de Lavoisier, outros morreram e, finalmente, a teoria do oxigênio se estabeleceu como uma grande teoria da Química Moderna.

A teoria do oxigênio foi importante, pois permitiu a compreensão das reações químicas de combustão e calcinação e revivificação de metais de forma adequada, sem recorrer a nenhum princípio obscuro

como o flogisto. Os estudos sobre o oxigênio permitiram ainda a compreensão da respiração e da composição da água e do ar atmosférico (ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016).

A solução apresentada anteriormente para o problema do Quadro 1 foi elaborada a partir de leituras e reflexões de diversos livros e artigos científicos que abordam a Revolução Química. Contudo, não se deve esperar que os estudantes de graduação produzam respostas tão longas e completas, contudo, é possível que eles leiam os textos sugeridos e elaborem soluções corretas e bem fundamentadas para o problema proposto.

PROBLEMA 2 – A QUEIMA DE UMA VELA EM UM RECIPIENTE FECHADO

O segundo problema relaciona-se com o anterior, mas, diferente do primeiro, apresenta natureza experimental:

Quadro 2. Problema histórico experimental relacionado à queima de uma vela.

Durante o século XVIII, os químicos pneumáticos estudavam os 'ares' produzidos testando sua ação sobre a chama de velas. Alguns 'ares' não mantinham a chama da vela acesa, como o ar fixo, descoberto por Joseph Black em 1755. Por outro lado, o ar deflogisticado, produzido por Scheele, Priestley e Lavoisier aumentava a intensidade da chama da vela. Um dos experimentos realizados na época consistia em inserir uma vela acesa em um recipiente de vidro fechado e observar se a chama apagava e quanto tempo permanecia acesa. Repita esse experimento utilizando uma vela e recipientes de vidro de tamanhos diferentes. Anote o tempo em que a vela permanece acesa e o volume de cada recipiente utilizado. Existe uma relação entre o volume do recipiente e o tempo em que a vela permanece acesa? Por que a vela apaga após certo tempo dentro dos recipientes? Por que os resultados desses experimentos eram importantes para os químicos do século XVIII?

Fonte: Própria.

A resolução desse problema prescinde a realização de um experimento simples, que pode ser reproduzido integralmente utilizando apenas materiais de baixo custo. Como material de apoio, recomenda-se a leitura de um artigo sobre esse experimento (BRAATHEN, 2000) e de outro texto sobre a teoria do flogisto (PRADO; CARNEIRO, 2018).

A queima da vela depende da quantidade de oxigênio dentro do recipiente. Quando a disponibilidade de oxigênio diminui até um certo limite, a chama apaga-se. Recipientes maiores abrigam maior quantidade inicial de oxigênio disponível, por isso, as chamas permanecem acesas por mais tempo. No século XVIII, experimentos com velas acesas em sistemas fechados foram importantes para explicar o papel do ar nas reações de combustão. Os químicos flogistonistas explicavam que a vela se apagava em sistema fechado porque o flogisto liberado pela combustão saturava o ar do recipiente (MAAR, 2008). Os experimentos de Lavoisier e seus colaboradores evidenciaram, inicialmente, que o ar participava da combustão. Em seguida, baseados em dados experimentais, eles evidenciaram que a chama da vela se apagava em sistemas fechados por causa da diminuição da concentração de oxigênio, que é parcialmente consumido durante a combustão.

A replicação desse experimento nos mesmos moldes que Lavoisier e seus colaboradores realizaram no passado é praticamente impossível nos dias de hoje, pois as velas do século XVIII eram feitas a partir de ceras, sebos e gorduras. Atualmente as velas são constituídas por uma mistura de hidrocarbonetos sólidos, principalmente pentacosano ($C_{25}H_{52}$). No entanto, é possível a replicação do fenômeno da combustão da vela em recipientes fechados e observar a sua dependência de oxigênio. Além disso, pode-se realizar experimentos complementares visando a determinação do teor de oxigênio do ar atmosférico (BRAATHEN).

PROBLEMA 3: MENDELEIEV E A ELABORAÇÃO DO SISTEMA PERIÓDICO

O terceiro problema relaciona-se com a história da elaboração da primeira versão da tabela periódica pelo químico russo Dmitri Mendeleiev:

Quadro 3. problema relacionado ao desenvolvimento da tabela periódica.

No livro 'O Sonho de Mendeleiev', o autor narra um episódio histórico no qual o químico russo Dmitri Mendeleev (1834-1907) teria elaborado a primeira versão da tabela periódica após ter sonhado com os elementos químicos organizados em colunas e linhas. Você considera essa narrativa plausível? Forneça uma explicação baseada em evidências históricas sobre a elaboração da tabela periódica por Mendeleiev.

Fonte: Própria.

O problema apresentado no Quadro 3 provoca um conflito entre duas versões sobre o desenvolvimento da tabela periódica. Os objetivos didáticos desse tipo de problema se relacionam com a reflexão sobre a disseminação de histórias anedóticas e com a divulgação de uma narrativa baseada em evidências históricas sobre o desenvolvimento da tabela periódica. A resolução do problema apresentado no Quadro 3 envolve a leitura de textos históricos sobre o desenvolvimento da tabela periódica por Mendeleiev. Nesse sentido, recomenda-se a leitura do livro: 'A Tabela Periódica: uma breve introdução' (SCERRI, 2021) e do segundo capítulo do livro '*A Well-Ordering Thing: Dmitrii Mendeleev and the shadow of the periodic table*' (Uma Coisa bem Ordenada: Dmitri Mendeleiev e a sombra da tabela periódica) (GORDIN, 2019).

A narrativa de que Mendeleiev teria elaborado a primeira versão da tabela periódica após um sonho é considerada anedótica por histo-

riadores da Ciência (GORDIN, 2019; SCERRI, 2020). No entanto, essa versão é a mais conhecida e disseminada em livros didáticos e de divulgação científica (USBERCO; SALVADOR, 2014; SANTOS; MÓL, 2016; STRATHERN, 2002; ROONEY, 2019). Nos próximos parágrafos será realizada uma discussão sobre a elaboração da primeira versão da tabela periódica por Mendeleiev. Em seguida, o mito do sonho será descrito e criticado à luz de pesquisas realizadas por historiadores da Ciência (DMITRIEV, 2004; GORDIN, 2019; SCERRI, 2020).

Em 1867, Mendeleiev assumiu as aulas da disciplina de Química Geral na Universidade de São Petersburgo. Para auxiliar suas aulas ele precisaria de um livro-texto adequado e atualizado. No entanto, boa parte dos livros-texto de Química russos era formada por traduções desatualizadas de obras estrangeiras. Nessa época, as descobertas provenientes do desenvolvimento da teoria de valência e estrutural atualizavam os livros-texto de Química todos os anos. Além disso, não havia uma classificação consensual sobre a classificação dos 63 elementos químicos conhecidos. Diante dessa realidade, Mendeleiev decidiu escrever seu próprio livro-texto de Química Geral (GORDIN, 2019).

Mendeleiev começou a escrita dos seus ‘Princípios de Química’ (*Osnovy khimii*) em 1868. Em função da extensão, o livro foi escrito em dois volumes. Ele concluiu a escrita do primeiro volume em janeiro de 1869. Esse volume apresentava definições básicas, roteiros experimentais e informações históricas sobre a Química. Nesse sentido, ele reservou as discussões teóricas para o segundo volume, que começaria a ser escrito em fevereiro de 1869. No primeiro volume, Mendeleiev descreveu apenas oito elementos químicos, deixando as discussões sobre os outros 55 para o segundo volume (GORDIN, 2019).

Ao final do primeiro volume, o projeto de escrita do livro-texto de Mendeleiev estava comprometido, pois restavam muitos elementos químicos para abordar no segundo volume e não havia tanto espaço para discuti-los detalhadamente. Além disso, o prazo para entregar o manuscrito do segundo volume estava se esgotando. Nesse momento, Mendeleiev percebeu que deveria adotar uma forma de escrita mais concisa para abordar os elementos químicos no segundo volume (GORDIN, 2019).

Enquanto escrevia os capítulos iniciais do segundo volume sobre os metais alcalinos, Mendeleiev teve a ideia de listá-los em ordem crescente de seus pesos atômicos e compará-los com os halogênios arranjados da mesma maneira. Nos capítulos seguintes ele fez o mesmo com os metais alcalino-terrosos (SCERRI, 2020). Em seguida, Mendeleiev destacou a presença de um padrão aritmético ao observar as mesmas linhas contendo halogênios, metais alcalinos e metais alcalino-terrosos. Nesse ponto, o sistema periódico de Mendeleiev começava a se delinear, baseado em pesos atômicos e valências dos elementos químicos. Ele não listou simplesmente os elementos químicos em ordem crescente de seus pesos atômicos, mas os correlacionou com as suas propriedades químicas e observou regularidades que se repetiam ao longo dos períodos, portanto periodicamente (GORDIN, 2019).

Mendeleiev construiu sua primeira versão da tabela periódica inserindo os elementos típicos de menor peso atômico no topo das colunas. Os elementos típicos apresentavam propriedades semelhantes aos demais elementos posicionados imediatamente abaixo em ordem crescente de seus pesos atômicos. Dessa forma, ele construiu linhas e colunas simultaneamente. Segundo esses critérios, em 17 de fevereiro de

1869, ele conseguiu organizar todos os elementos químicos conhecidos (GORDIN, 2019).

Após reconhecer que havia realizado uma grande descoberta, Mendeleiev mandou imprimir 200 cópias da sua organização dos elementos químicos, 150 em russo e 50 traduzidas em francês. As cópias intituladas ‘Uma tentativa de um sistema de elementos com base em seu peso atômico e afinidade química’, foram enviadas para diversos químicos da Rússia e da Europa. Essa foi a primeira versão da tabela periódica elaborada por Mendeleiev. Nos próximos anos o químico russo corrigiu alguns pesos atômicos, inverteu a ordem de alguns elementos químicos e previu a descoberta de novos elementos (SCERRI, 2021).

As discussões anteriores apresentam como Mendeleiev chegou ao sistema periódico de elementos químicos representado na forma da tabela periódica. Foram anos de pesquisa e ensino antes da elaboração do seu sistema periódico. Afirmar que ele apenas sonhou com organização dos elementos químicos significa desmerecer todo o trabalho anterior realizado por Mendeleiev.

Em 2002, foi lançado no Brasil o livro intitulado ‘O Sonho de Mendeleiev: a verdadeira história da química’, uma tradução do livro ‘*Mendeleev’s Dream: the quest for the elements*’ (O Sonho de Mendeleev: a busca pelos elementos), publicado originalmente pelo escritor britânico Paul Strathern no ano 2000. A publicação dessa obra no Brasil renovou o interesse pela história da tabela periódica. No entanto, a forma anedótica como ela foi contada nesse livro pode ter contribuído para a disseminação de mitos sobre esse assunto.

Segundo Strathern (2002), era 14 de fevereiro de 1969, uma sexta-feira, quando Mendeleiev pôs-se a pensar sobre os rumos do segundo volume de seu livro, ele tinha o final de semana inteiro para resolver

isso. Na manhã da segunda-feira (17), ele deveria viajar de trem para os arredores de São Petersburgo, discursar para produtores de queijo e inspecionar suas fábricas. No entanto, após três dias trabalhando ininterruptamente e sem obter sucesso, Mendeleiev cancelou a viagem e tentou uma abordagem diferente. Dessa vez, escreveu uma espécie de ficha para cada elemento químico anotando nome, peso atômico e principais propriedades.

Diante das sessenta e três fichas, Mendeleiev supostamente teve um *insight*: se essas fichas fossem cartas de um baralho seria possível jogar ‘paciência química’? No jogo tradicional chamado paciência, as cartas do baralho são ordenadas seguindo dois padrões: naipe e ordem numérica. Nas fichas, os padrões necessários para Mendeleiev para ordenar os elementos químicos estavam ocultos. Strathern (2002) conta que após algumas horas jogando ‘paciência química’ com as fichas, Mendeleiev adormeceu e teve um sonho.

Ao acordar, Mendeleiev teria afirmado: “Vi num sonho uma tabela em que todos os elementos se encaixavam como requerido. Ao despertar, escrevi-a imediatamente numa folha de papel” (STRATHERN, 2002, p. 246). Durante o sonho, ele finalmente teria encontrado os dois padrões necessários para ordenar os elementos químicos: peso atômico e propriedades químicas. Porém, a história narrada por Strathern (2002), além de inverossímil, carece de evidências.

Historiadores da Ciência afirmam que o sonho de Mendeleiev não passa de uma anedota (SCERRI, 2007; GORDIN, 2019). Não existem evidências que confirmem a elaboração do sistema periódico após um sonho. Esse mito teve início após o depoimento de um amigo (A. A. Inostrantzev) de Mendeleiev, que afirmou tê-lo visitado na tarde do dia 17 de fevereiro de 1869 (KEDROV, 1966).

Além desse depoimento, não há outras evidências que sustentem o mito do sonho. Historiadores da Ciência negam que Mendeleiev tenha jogado ‘paciência química’ com as fichas de elementos químicos (DMITRIEV, 2004; GORDIN, 2019). A maior parte da documentação referente à descoberta do sistema periódico por Mendeleiev foi preservada. No entanto, as fichas (se existiram) não sobreviveram. Por esse motivo, alguns historiadores da Ciência duvidam da existência delas (DMITRIEV, 2004; GORDIN, 2019).

Por tudo o que foi exposto, o mito do sonho de Mendeleiev não é plausível por dois motivos principais: 1- o sistema periódico de elementos químicos é extremamente complexo para ser criado inconscientemente durante um sonho; 2- não há evidências de que Mendeleiev tenha concebido o sistema periódico após um sonho. Por outro lado, a documentação reunida por historiadores da Ciência reforça que o químico russo elaborou o sistema periódico enquanto escrevia o segundo volume do seu livro ‘Princípios de Química’ (DMITRIEV, 2004; GORDIN, 2019; SCERRI, 2020). É importante ainda destacar que outros cientistas sugeriram outros sistemas e formas de organização dos elementos químicos e que Mendeleiev os conhecia (SCERRI, 2020).

A superioridade do sistema periódico de Mendeleiev, em relação aos propostos anteriormente, reside na precisão dos pesos atômicos, no posicionamento adequado dos elementos segundo suas propriedades químicas e na previsão da descoberta de novos elementos químicos (SCERRI, 2020).

A solução apresentada para o problema apresentado no Quadro 3 é interessante por confrontar duas versões acerca de um mesmo episódio histórico, uma reconstruída racionalmente a partir de evidências, enquanto a outra elaborada a partir de apenas um depoimento. Proble-

mas desse tipo são importantes para que os estudantes reflitam sobre o papel das evidências para a construção dos conhecimentos científicos. Adicionalmente, a resolução desse problema poderá contribuir para desconstruir o mito do sonho de Mendeleiev e apresentar uma versão plausível e baseada em evidências para o episódio histórico que envolve a elaboração do sistema periódico pelo químico russo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final deste capítulo espera-se ter contribuído com uma alternativa de abordagem didática para o ensino de História da Química em cursos de graduação. Particularmente, os cursos de Licenciatura em Química podem explorar a História da Química estabelecendo relações com o ensino por meio da resolução de problemas históricos qualitativos ou experimentais, como os que foram apresentados anteriormente.

A resolução de problemas históricos pode auxiliar, tanto na compreensão da História da Química e da natureza da Ciência, quanto nas aprendizagens de conceitos e teorias. Nesse sentido, os problemas históricos discutidos podem promover reflexões sobre o papel das hipóteses e das evidências para a construção das teorias científicas.

A resolução de problemas já se consolidou como uma abordagem didática que contribui para a construção de conhecimentos conceituais, procedimentais e atitudinais no ensino de Química. Porém, é necessário que essa abordagem alcance outros espaços, como a disciplina História da Química, componente curricular carente de investigações relacionadas ao ensino e à aprendizagem.

Por fim, espera-se que os problemas históricos apresentados possam ser utilizados com ou sem modificações no ensino de História da

Química visando a construção de conhecimentos que possam ser mobilizados para aprender e ensinar conteúdos químicos.

REFERÊNCIAS

ALFONSO-GOLDFARB, Ana Maria. **O Que é História da Ciência?** 1. ed. São Paulo: Brasiliense, 1994.

ALFONSO-GOLDFARB, Ana Maria; FERRAZ, Márcia Helena Mendes; BELTRAN, Maria Helena Roxo. A Historiografia Contemporânea e as Ciências da Matéria: uma longa rota cheia de percalços. In: ALFONSO-GOLDFARB, Ana Maria; BELTRAN, Maria Helena Roxo. (Orgs.). **Escrevendo a História da Ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas.** 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2004. p. 49-73.

ALFONSO-GOLDFARB, Ana Maria; FERRAZ, Márcia Helena Mendes; BELTRAN, Maria Helena Roxo; PORTO, Paulo Alves. **Percursos de História da Química.** 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2016.

BELTRAN, Maria Helena Roxo; SAITO, Fumikazu. Algumas propostas para contribuir na formação do cidadão crítico. In: BELTRAN, Maria Helena Roxo; TRINDADE, Laís dos Santos Pinto. **História da Ciência e Ensino: abordagens interdisciplinares.** 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2017.

BRASIL. Ministério da Educação. **Diretrizes Curriculares para Cursos de Química, Bacharelado e Licenciatura Plena.** Brasília, DF: Ministério da Educação, 2001.

CACHAPUZ, António Francisco. Educação em Ciências: caminhos percorridos e dinâmicas de mudança. In: MAGALHÃES JÚNIOR, Carlos Alberto de Oliveira; LORENCINI JÚNIOR, Álvaro; CORAZZA, Maria Júlia. (Orgs.). **Ensino de Ciências: múltiplas perspectivas, diferentes olhares.** 1. ed. Curitiba: CRV, 2014. p. 173-198.

CACHAPUZ, António; PRAIA, João; GIL-PÉREZ, Daniel; CARRAS-COSA, Jaime; MARTÍNEZ-TERRADES, Isabel. A emergência da Didáctica das Ciências como campo específico de conhecimento. In: CACHAPUZ, António; GIL-PÉREZ, Daniel; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de; PRAIA, João; VILCHES, Amparo. **A Necessária Renovação do Ensino das Ciências**. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2011. p. 185-230.

CALLEGARIO, L. J.; HYGINO, C. B.; ALVES, V. L. O.; LUNA, F. J.; LINHARES, M. P. A História da Ciência no Ensino de Química: uma revisão. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 3, p. 977-991, 2015.

CAMPOS, Maria Cristina da Cunha; NIGRO, Rogério Gonçalves. **Didáctica de Ciências: o ensino-aprendizagem como investigação**. São Paulo: FTD, 1999.

CAMPOS, Ângela Fernandes; BATINGA, Verônica Tavares Santos. **Experiências de Pesquisa sobre Resolução de Problemas no Ensino das Ciências: contextos de investigações**. 1. ed. Recife: EDUPE, 2022.

CHALMERS, A. F. **O Que é Ciência, Afinal?** 1. ed. São Paulo, Brasiliense, 1993.

CHANG, Hasok. How historical experiments can improve scientific knowledge and Science Education: the cases of boiling water and electrochemistry. **Science & Education**, v. 20, n. 3-4, p. 317-341, 2011.

CORTES, Luis. The use of problem-solving in the History of Chemistry course. **Journal of Chemical Education**, v. 69, n. 12, p. 1012-1013, 1992.

DMITRIEV, Igor S. Scientific discovery in *statu nascendi*: the case of Dmitrii Mendeleev's periodic law. **Historical Studies in the Physical and Biological Sciences**, v. 34, n. 2, p. 233-275, 2004.

ELLIOTT, M. J.; STEWART, K. K.; LAGOWSKI, J. J. The role of the laboratory in Chemistry Instruction. **Journal of Chemical Education**, v. 85, n. 1, p. 145-149, 2008.

ESPIR, Iago Ferreira; EPOGLOU, Alexandra; MARQUES, Deividi Marcio. O Uso da História da Química no Ensino de Química: a visão de licenciandos em

QUÍMICA. História da Ciência e Ensino: Construindo Interfaces, v. 20, p. 657-671, 2019.

GEPEQ. Atividades Experimentais de Química no Ensino Médio: reflexões e propostas. 1. ed. São Paulo: Secretaria de Educação, 2009.

GIL-PÉREZ, Daniel. Contribución de la Historia y de la Filosofía de las Ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 11, n. 2, p. 197-212, 1993.

GOOD, H. G. On the early history of Liebig's laboratory. **Journal of Chemical Education**, v. 13, n. 12, p. 557-562, 1936.

KAUFFMAN, George B.; CHOOLJIAN, Steven B. Wohler's synthesis of artificial urea: a modern version of a classic experiment. **Journal of Chemical Education**, v. 56, n. 3, p. 197-200, 1979.

KEAN, SAM. **O Último Suspiro de César**: a história épica do ar à nossa volta. 1. Ed. Rio de Janeiro: Zahar, 2019.

KEDROV, B. M. On the question of the psychology of scientific creativity. **Soviet Psychology**, v. 5, n. 2, p. 18-37, 1966.

KUHN, Thomas S. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. 5. ed. São Paulo: Perspectiva, 1998.

LAVOISIER, Antoine Laurent. Memoire sur la nature du principe qui se combine avec les metaux pendant leur calcination et qui en augmente le poids. **Memoires de l'Academie Royale des Sciences**, v. 1775, p. 520-526, 1778.

LOPES, J. Bernardino. **Resolução de Problemas em Física e Química:** modelo para estratégias de ensino-aprendizagem. 1. ed. Lisboa: Texto Editora, 1994.

MAAR, Juergen Heinrich. **História da Química:** dos primórdios a La-voisier. 2. ed. Florianópolis: Conceito Editorial, 2008.

MARTINS, Roberto de Andrade. Ciências *versus* Historiografia: os diferentes níveis discursivos nas obras sobre História da Ciência. In: ALFONSO-GOLDFARB, Ana Maria; BELTRAN, Maria Helena Roxo. (Orgs.). **Escrevendo a História da Ciência:** tendências, propostas e discussões historiográficas. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2004. p. 115-145.

MARTORANO, Simone Alves de; MARCONDES, Maria Eunice Ribeiro. Investigando as ideias e dificuldades dos professores de Química do Ensino Médio na abordagem da História da Química. **História da Ciência e Ensino: Construindo Interfaces**, v. 6, p. 16-31, 2012.

GORDIN, Michael D. **A Well-Ordering Thing:** Dmitrii Mendeleev and the shadow of the periodic table. New Jersey: Princeton University Press, 2019.

NAVARRO, Manoela; FÉLIX, Marina; MILARÉ, Tathiane. A História da Química em livros didáticos do Ensino Médio. **Ciência, Tecnologia & Ambiente**, v. 1. n. 1, p. 55-61, 2015.

OKI, Maria da Conceição Marinho; MORADILLO, Edílson Fortuna de. O ensino de História da Química: contribuindo para a compreensão da natureza da Ciência. **Ciência & Educação**, v. 14, n. 1, p. 67-88, 2008.

PEREIRA, Letícia dos Santos. Proposta de uso da abordagem *team-based learning* em aulas de História da Química no ensino remoto: discutindo a relação entre a Alquimia e a Química. **Revista de Estudos em Educação e Diversidade**, v. 3, n. 7, p. 1-22, 2022.

POZO, Juan Ignacio; CRESPO, Miguel Ángel Gomes. **A Aprendizagem e o Ensino de Ciências:** do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. 1. 5. ed. Porto Alegre, Artmed, 2009.

PRADO, Letícia do; CARNEIRO, Marcelo Carbone. O episódio histórico das teorias do flogisto e calórico: criando interfaces entre a História e Filosofia da Ciência e o Ensino de Química na busca pela humanização do trabalho científico. **História da Ciência e Ensino: Construindo Interfaces**, v. 18, p. 153-180, 2018.

ROONEY, Anne. **A História da Química:** da tabela periódica à nanotecnologia. 1. ed. São Paulo: M. Books, 2019.

SANTOS, Wildson; MÓL, Gerson. **Química Cidadã:** volume 1. 3. ed. São Paulo: AJS, 2016.

SCERRI, Eric. **The Periodic Table:** its story and its significance. 2. ed. New York: Oxford University Press, 2020.

SCERRI, Eric. **A Tabela Periódica:** uma breve introdução. 2. ed. Rio do Sul: Unidavi, 2021.

SHEPPARD, Keith; HOROWITZ, Gail. From Justus von Liebig to Charles W. Eliot: the establishment of laboratory work in U.S. High Schools and Colleges **Journal of Chemical Education**, v. 83, n. 4, p. 566-570, 2006.

SOLOMONS, T. W. Graham; FRYHLE, Craig B.; SNYDER, Scott A. **Química Orgânica**, volume 1. 12 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

STRATHERN, Paul. **O Sonho de Mendeleiev:** a verdadeira História da Química. 1. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 2002.

USBERCO, João; SALVADOR, Edgard. **Conect Química 1.** São Paulo: Saraiva, 2014.

VIANA, Hélio Elael Bonini; PEREIRA, Letícia dos Santos; OKI, Maria do Carmo Conceição. A História da Química como disciplina de graduação: levantamento de concepções de graduandos do IQ/UFBA. **História da Ciência e Ensino: Construindo Interfaces**, v. 4, p. 6-12, 2011.

WILLIAMSON, Alexander. Theory of aetherification. **The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science**, v. 37, p. 350-356, 1850.

SEQUÊNCIA DE ENSINO E APRENDIZAGEM PAUTADA NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS PARA ABORDAGEM DA TEMÁTICA GALVANOPLASTIA

Rafael José dos Santos
Angela Fernandes Campos

INTRODUÇÃO

O ensino tradicional (transmissão-recepção) pode ser considerado como um dos modelos psicopedagógicos mais consolidados e antigos na prática docente, o que permite concluir que os professores, enquanto sujeitos ativos no processo de ensino e aprendizagem acreditam que os conteúdos científicos devem ser “redigidos” nos estudantes (comparados como papel em branco, tábula rasa) (CARABETTA JÚNIOR, 2009).

De acordo com Justi e Ruas (1997), esse modelo de ensino tem sido verificado nas práticas pedagógicas dos professores de química, com ênfase na transmissão de informações descontextualizadas, sem articulação com outros conteúdos e com o dia-a-dia dos estudantes. No entanto, o contexto educacional contemporâneo exige, cada vez mais, um professor capaz de suscitar nos estudantes experiências pedagógicas significativas, diversificadas e alinhadas com a sociedade na qual estão inseridos. Tal situação pressupõe a adoção no contexto escolar de um

modelo de ensino centrado no estudante e que se distancia do modelo tradicional. Os discursos curriculares oficiais no Brasil apontam como uma possibilidade, nesta direção, o desenvolvimento de estratégias centradas na resolução de problemas (RP) com o propósito de articular o conhecimento químico com a realidade natural, social e cultural e como forma de aproximar os estudantes de atividades de investigação científica no contexto escolar (BRASIL, 2002; 2006).

O ensino e aprendizagem por RP têm sido reconhecidos como uma metodologia de ensino inovadora, que possibilita o desenvolvimento de competências e habilidades diversas nos estudantes relacionados a conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. Também, no ensino de química representa uma tendência de pesquisa internacional e nacional com diferentes estudos envolvendo: revisão de literatura, formação de professores, proposição e aplicação de intervenções didáticas, desenvolvimento de currículos, dentre outros (GÓI; SANTOS, 2009, BATIN-GA, 2010, CAMPOS; FERNANDES, 2020). Ainda, há pesquisas que mostram experiências exitosas utilizando a RP na abordagem de conteúdos diversos nos diferentes ramos da Química: Geral e Inorgânica (SHULTZ; ZEMKE, 2019); Orgânica (CONSTANTINO; BARLOCCO, 2019), Analítica e Físico-Química (HICKS; BEVSEK, 2012).

Neste estudo foi considerado o conteúdo de eletroquímica com enfoque na galvanoplastia. De acordo com Barreto *et al.* (2017), o conteúdo de eletroquímica é considerado como uma barreira na aprendizagem de Química na educação básica, pois é uma temática que requer o entendimento dinâmico de partículas em nível atômico, além de representar um conteúdo que desafia os professores a estabelecerem relações com o mundo macroscópico dos alunos.

Segundo Sanjuan (2009) e Caramel e Pacca (2011), alguns professores não abordam a galvanoplastia nas unidades letivas em várias escolas, e muitos que fazem utilizam práticas ineficientes, resultando na deficiente aprendizagem dos estudantes acerca desse assunto. Dessa maneira, julgou-se pertinente explorar tal conteúdo no presente trabalho para que ele possa contribuir na aprendizagem da temática galvanoplastia no ensino médio.

Sob essa perspectiva, o presente estudo teve como objetivo avaliar a contribuição de uma sequência didática construída com base no ensino e aprendizagem baseados em resolução de problemas para o desenvolvimento dos conceitos inerentes à galvanoplastia. A opção por estes conceitos se deu pelo fato de fazerem parte de um dos conteúdos do currículo do ensino médio e por serem, como destacado anteriormente de difícil compreensão por parte dos estudantes (CARAMEL; PACCA, 2011, BARRETO; BATISTA, 2017).

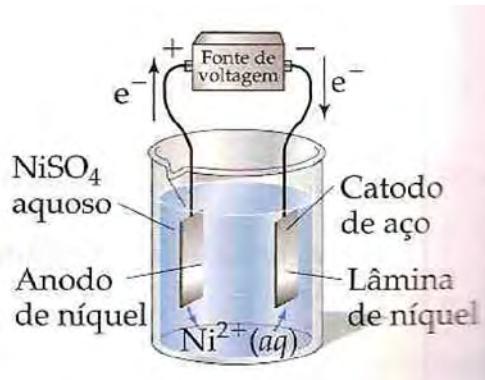
GALVANOPLASTIA: ALGUNS ASPECTOS

Para Buzzoni (1991), a galvanoplastia corresponde à deposição eletrolítica de uma película de metal sobre um objeto metálico e tem a finalidade de alterar as propriedades e dimensões superficiais do material que foi revestido. Romano (2006), ao apresentar os diversos propósitos da galvanoplastia, pontua que tal processo é amplamente realizado na indústria para dar acabamento em peças metálicas que necessitam de uma maior resistência à corrosão. De acordo com Pires *et al.* (2011), a galvanoplastia, além de conferir uma melhor resistência à corrosão ao material revestido, agrega diversas melhorias no objeto, tais como: melhor condutividade elétrica, maior resistência ao atrito, e mais estabilidade frente ao aquecimento.

No processo de galvanoplastia, também conhecido como eletrodeposição, o objeto metálico a ser recoberto está localizado no cátodo de uma cuba eletrolítica e fica submerso em uma solução aquosa de um eletrólito que contém os íons do metal a serem eletrodepositados, enquanto o ânodo pode ser um eletrodo condutor inerte ou uma placa do metal a ser depositado, esta placa sofre corrosão eletroquímica havendo migração dos cátions formados para a solução eletrolítica com posterior redução desses cátions na superfície do cátodo (ATKINS; JONES, 2012). Nessa perspectiva, conforme Buryess (1997), a galvanoplastia pode ser compreendida como uma técnica que emprega a eletrólise com eletrodos ativos, ou seja, os eletrodos também desempenham atividade fundamental nas reações redox do procedimento.

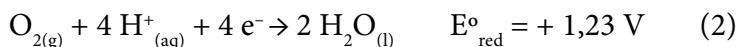
Uma ilustração do processo de galvanoplastia de uma placa de aço é apresentada por Brown, Lemay e Burstein (2005), na Figura 1. Neste exemplo, conhecido como niquelação, o cátodo da célula corresponde à placa de aço que foi recoberta pela lâmina de níquel, o ânodo da célula equivale à placa de níquel metálico, e a lâmina de níquel corresponde à cobertura desse metal que é formada sobre o aço durante o processo. Ambos os eletrodos estão inseridos em uma solução aquosa de sulfato de níquel e os fios condutores externos estão ligados ao gerador elétrico que fornecerá a voltagem necessária para a ocorrência do processo. As possíveis reações para ocorrência no ânodo desse dispositivo são a oxidação do níquel metálico, a própria placa do ânodo, e a oxidação da água da solução de NiSO_4 . Desconsidera-se a possibilidade de oxidação do íon $\text{Ni}^{+2}_{(\text{aq})}$ e do $\text{SO}_4^{-2}_{(\text{aq})}$, pois, nestes íons, tanto o níquel quanto o enxofre já se encontram em seu máximo estado de oxidação, +2 e -6, respectivamente.

Figura 1. Galvanoplastia de uma placa de aço utilizando eletrodo de níquel.

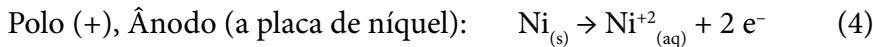
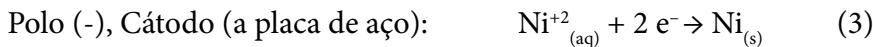


Fonte: BROWN; LEWAT; BURSTEIN (2005).

Com bases nas seguintes equações e potencial padrão de redução:



Se conclui que ocorre no ânodo do dispositivo a oxidação do $\text{Ni}_{(s)}$ a $\text{Ni}^{+2}_{(aq)}$, pois o valor do potencial padrão de redução do $\text{Ni}_{(s)}$ é bastante inferior ao potencial padrão de redução do oxigênio. Dessa maneira, as reações que acontecem no cátodo e no ânodo do sistema ilustrado serão:



A reação global para este processo revela que aparentemente nada aconteceu, mas a eletrólise ocorrida neste procedimento permite transferir átomos de níquel da placa deste metal para a superfície da placa de

aço localizada no cátodo, caracterizando assim o processo de galvanoplastia (BROWN; LEMAY; BURSTEIN, 2005).

Gentil (2007), ao apresentar as técnicas mais frequentemente utilizadas para aplicação de revestimentos metálicos anticorrosivos, destaca a importância da galvanoplastia devido à possibilidade de controlar a espessura da película metálica formada na superfície do cátodo e ao fato da quase inexistência de poros na estrutura do revestimento. De maneira complementar, Gentil (2007) aponta que os metais mais utilizados para a formação de películas protetoras são o ouro, a prata, o cobre, o níquel, o cádmio, o cromo e também o zinco.

A depender da sua composição, a solução presente nas cubas eletrolíticas empregadas no processo de galvanoplastia, chamada de banho galvânico, pode ser classificada como alcalina ou ácida. De acordo com Burgyess (1997) a maioria dos banhos galvânicos considerados alcalinos utilizam sais de cianeto em sua preparação e geralmente são utilizados em galvanoplastias sobre cobre, prata, zinco, latão e bronze. Já os banhos classificados como ácidos são aplicados para a galvanoplastia em cromo, cobre, níquel e estanho. Segundo Lucena-Silva *et al.* (2016), os banhos eletrolíticos ácidos geralmente apresentam menores custos para a realização do procedimento, em contrapartida, os banhos alcalinos têm maior poder de cobertura e as películas protetoras produzidas são melhores.

Ainda conforme Lucena-Silva *et al.* (2016), o banho galvânico em um processo industrial de Galvanoplastia, além do composto solúvel do metal que deve ser depositado, deve possuir outras substâncias que contribuirão para o processo de maneiras distintas, tais como: aumentando a condutividade elétrica; ampliando o poder de cobertura; contribuindo

para uma melhor morfologia da película formada e promovendo maior brilho do depósito sobre o objeto protegido.

Pelo exposto, o presente estudo fará uso dos conceitos concernentes à galvanoplastia, explorando na sequência didática tanto as condições e as necessidades de uso deste procedimento quanto às aplicações no cotidiano.

PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM BASEADO NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

O processo de ensino e aprendizagem pautado na resolução de problemas (RP) possibilita desenvolver nos estudantes a capacidade de elaborar estratégias e habilidades, para que se possa adquirir instrumentos e conhecimentos capazes de desenvolver atitudes no contexto escolar, de maneira com que o estudante possa participar e cooperar em atividades humanas e sociais. Desta forma, concordamos com Pozo (1998), no sentido que, estratégias didáticas baseadas em RP deveriam permear diversas áreas do currículo educacional.

Possibilitar o uso da metodologia de resolução de problemas dentro do âmbito escolar é garantir que a evolução e compreensão da concepção de problema se popularize, com o objetivo de ocasionar uma mudança comportamental nos alunos. Deste modo, a RP se torna fundamental pois, ao término do ciclo da educação básica, o aluno deve ser capaz de elaborar e desenvolver estratégias para reconhecer um problema, correlacionando naturalmente conhecimentos diversos atrelados a problemas da vida cotidiana. Ensinar a resolver problemas não consiste apenas em beneficiar os educandos de habilidades e possíveis estratégias, ensina-os, além disso, a desenvolver o hábito de encarar a aprendi-

zagem como um potencial problema, para o qual se deve encontrar uma resposta (POZO, 1998).

De acordo com Ribeiro (2010), a metodologia de resolução de problemas contribui para o desenvolvimento de uma aprendizagem colaborativa, onde os estudantes interagindo em grupos, buscam construir o conhecimento para a explicação de um enunciado de um problema que geralmente, apresenta um contexto social inserido. A partir da utilização de problemas que exploram situações do dia-a-dia, pode-se incentivar a evolução do pensamento crítico e das capacidades de solução de potenciais problemas adquirindo conceitos fundamentais para área de conhecimento abordada. Assim, a metodologia de ensino por resolução de problemas tem como objetivos principais integrar e estruturar conhecimentos envoltos em problemas reais, contribuindo para o desenvolvimento de habilidades de aprendizagem autônoma e de trabalhos em grupos. Capaz de comportar um conjunto de soluções adequadas para a resolução do problema proposto, não se restringindo apenas a uma única solução, apresentando um grau de complexidade condizente com os conhecimentos prévios dos alunos (RIBEIRO, 2010).

Freitas (2017) sistematiza em seu estudo as etapas metodológicas que envolvem o trabalho pelo professor com resolução de problemas. Inicialmente, o professor constrói um enunciado que, em geral, deve estar: relacionado a um contexto real; ter a presença de um obstáculo; e ser motivador para o estudante. Em seguida, os estudantes são confrontados com o problema, antes dos conteúdos disciplinares serem explorados pelo professor. Eles apontam possíveis respostas (levantamento de hipóteses) para o problema tendo como base seus conhecimentos prévios. A etapa seguinte consiste na realização de atividades didáticas planejadas pelo professor que geralmente compreende: aulas expositivas

dialogadas, utilização de diversos recursos educacionais como, vídeos, experimentos, simulações, materiais didáticos, pesquisa na internet, etc. Os estudantes são solicitados a trabalharem em grupo durante todo o processo de resolução do problema. Também, são convidados a explicitarem a(s) solução(ões) encontrada(s) para o problema proposto. Finalmente, o professor sistematiza todas as informações fornecidas pelos estudantes e juntamente com eles avaliam o processo como um todo. Vale ressaltar que o professor tem um papel fundamental nesse processo. Ele precisa participar efetivamente do resgate das concepções prévias dos alunos, instigando-os a pensar sobre o problema, impulsionando-os a enfrentar o desafio de resolvê-lo e ultrapassar as dificuldades encontradas, auxiliando na elaboração e uso de estratégias para resolução (GÓI; SANTOS, 2009). Sob esta perspectiva, nos pareceu relevante, pertinente e atual construir uma sequência didática segundo os pressupostos teórico-metodológicos relacionados a RP para abordagem da temática galvanoplastia com estudantes do segundo ano do ensino médio. A construção da sequência didática fundamentada na RP se constituiu como produto educacional no âmbito do Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional – PROFQUI.

ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO

Participantes da Pesquisa

Os participantes da pesquisa foram 34 estudantes do segundo ano do ensino médio de uma escola pública distribuídos em 17 duplas. A escolha pela escola ocorreu devido aos seguintes motivos: (i) por oferecer aulas aos alunos em apenas um turno, disponibilizando o contra turno para que as atividades desta pesquisa fossem realizadas; (ii) pela facilidade de acesso e (iii) acolhimento da equipe gestora da instituição ao

pedido de desenvolvimento deste estudo. Para formalizar a permissão para realização de algumas etapas desta pesquisa, foi entregue uma Carta de Apresentação ao gestor da instituição que foi assinada e autorizada a realização da pesquisa.

A escolha por estudantes do segundo ano do ensino médio se deu pois alunos, nesta fase, já vivenciaram na série anterior os tópicos envolvendo estrutura atômica, tabela periódica, número de oxidação e reações químicas, conteúdos considerados pré-requisitos para a inicialação no estudo em galvanoplastia. Nos dias que antecederam a realização da intervenção didática, foi realizada uma visita à escola para que houvesse um primeiro contato com os estudantes com o intuito de explicá-los a finalidade da pesquisa, lançar o convite de participação e agendar os dias e horários dos encontros.

Uma sequência didática foi construída e articulada a um problema sobre galvanoplastia. A seguir é descrito o problema elaborado e aplicado como ponto de partida para leitura e discussão pelos estudantes. Também, as atividades que compuseram a sequência didática e os procedimentos de análise dos resultados obtidos após a intervenção didática.

ELABORAÇÃO DO PROBLEMA – PONTO DE PARTIDA PARA A RP

Segundo Pozo (1998), o problema constitui uma situação em que o indivíduo ou um grupo deseja resolver e para a qual não dispõe de um caminho rápido ou direto para solucioná-lo. Para uma questão ser considerada como um problema, precisa ser concebida como tal na medida em que não há disponível procedimentos automáticos que nos permita solucioná-los. Sob esta perspectiva, elaboramos o problema descrito a seguir, que constitui o ponto de partida para levantamento de hipóteses

quanto ao processo de resolução. O enunciado traz de forma contextualizada conceitos eletroquímicos associados à galvanoplastia (Quadro 1).

Quadro 1. Enunciado do problema proposto.

Uma equipe de mecânicos de uma loja de manutenção de bicicletas realizou, na orla da praia de Boa Viagem, uma campanha de conscientização dos usuários deste meio de transporte sobre o momento adequado para troca das correntes de transmissão. Na ocasião, os mecânicos presentearam alguns ciclistas com a substituição gratuita das correntes de suas bicicletas, por correntes que serão utilizadas por mais tempo até a próxima troca. Nesse contexto, responda: Como explicar o desgaste químico percebido nas correntes? Descreva (com texto e desenhos) o possível procedimento eletroquímico que os fabricantes poderiam adotar para que os ciclistas possam utilizar as correntes por mais tempo.

Fonte: Própria.

ATIVIDADES DIDÁTICAS QUE COMPUSERAM A SEQUÊNCIA DE ENSINO E APRENDIZAGEM

As atividades didáticas foram construídas com o objetivo de dar condições dos estudantes responderem ao problema proposto. Elas estão apresentadas no quadro 2, a seguir.

Quadro 2. Atividades didáticas que compuseram a sequência de ensino e aprendizagem.

Uso de um vídeo (Figura 2) com o objetivo de relacionar uma prática do cotidiano com o problema supracitado. Quatro questões foram construídas e constituíram orientações para abordagem do vídeo com os estudantes: Qual é o principal elemento químico que está presente na composição das bicicletas? Qual foi a justificativa dada pelo mecânico para a escolha da pista a beira mar como local adequado para gravar a matéria? Qual era o aspecto visual percebido nas correntes que foram substituídas? Como o mecânico justifica o fato das correntes entregues por ele serem melhor que as correntes que estavam nas bicicletas dos ciclistas?

Figura 2. Blitz Pedaleria contra a corrente enferrujada.



Fonte: (BLITZ, PEDALERIA, 2016).

O simulador “monte um átomo” do Phet Simulações Interativas (Figura 3) foi selecionado com o objetivo de trabalhar os conceitos de número de oxidação e reações redox. A atividade possibilitou a discussão sobre as regras para o cálculo de número de oxidação dos átomos em substâncias simples, substâncias compostas e íons.

Figura 3. Simulador monte um átomo.



Fonte: (PHET COLORADO, 2019).

O vídeo com a imagem da Figura 4 possibilitou a discussão sobre a reação química que ocorre quando uma lâmina de zinco é mergulhada em uma solução de sulfato de cobre. A utilização desse vídeo teve por finalidade trabalhar os aspectos fenomenológicos da reação envolvida.

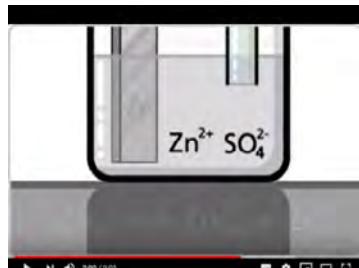
Figura 4. Deslocamento do cobre.



Fonte: (MOHR, 2016).

O vídeo (Figura 5) aborda de maneira ilustrada e narrada a reação química do deslocamento do cobre e também apresenta as equações químicas inerentes ao processo. Possibilitou a discussão acerca do conceito de potencial padrão de redução (E°) e sobre como estes potenciais são utilizados para a previsão da espontaneidade de uma reação redox.

Figura 5. Pilhas eletroquímicas.



Fonte: (ALFAMAVÍDEOS, 2008).

O vídeo (Figura 6) proporcionou o levantamento das ideias dos estudantes sobre as possíveis estratégias para minimizar a ocorrência da ferrugem em materiais do dia-a-dia. Contribuiu para a discussão sobre processos de prevenção da ferrugem em eletrodomésticos e também explicou como a maresia influencia no processo de corrosão do ferro.

Figura 6. Redução dos efeitos da maresia.



Fonte: (REDE GLOBO, 2016).

O vídeo (Figura 7) possibilitou a identificação das reações redox não espontâneas e os diferentes tipos de proteção superficial contra a corrosão de um metal, quer seja quando o metal utilizado na superfície seja facilmente oxidado pelo ar, dando origem a uma camada de óxido protetora, quer seja quando o metal protetor seja de baixa reatividade com o meio ambiente ou atue como metal de sacrifício.

Figura 7. Cromeração, niquelação, estanhagem, zincagem.



Fonte: (REDE GLOBO, 2011b).

No tocante a galvanoplastia, propõe-se o uso do simulador Electrolysis, da Person Education, Figura 8, para a realização simulada de algumas galvanoplastias, tais como: zincagem, cobreamento e niquelação. A atividade proporcionou aos estudantes fazerem uso do computador a fim de realizar algum tipo de galvanoplastia fornecendo ao professor a possibilidade de agir sobre os erros dos alunos à medida que as escolhas das variáveis que compõe o arranjo do procedimento apresentem falhas.

Figura 8. Simulador Electrolysis.



Fonte: (PEARSON, 2014).

Fonte: Própria, (2022).

ANÁLISE DAS RESPOSTAS DOS ESTUDANTES AO PROBLEMA APÓS A VIVÊNCIA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Utilizou-se como critério de análise das respostas dos estudantes ao problema, após a intervenção didática, os três níveis do conhecimento químico, fenomenológico, teórico e representacional, (JOHNSTONE, 1982), (MORTIMER; MACHADO e ROMANELLI, 2000) e os estudos sobre galvanoplastia (CARAMEL; PACCA, 2011; BARRETO, 2017; ALVES, 2018). Na pergunta 1: *como explicar o desgaste químico percebido nas correntes*, o nível fenomenológico era contemplado quando os estudantes: citassem a mudança de coloração do ferro ao enferrujar; a

formação de buracos na superfície do ferro enferrujado; a ocorrência da ferrugem quando um objeto de ferro é deixado exposto ao ar e a umidade e também comentassem sobre uma maior rapidez de envergamento em áreas litorâneas devido à maresia. A explicação de que a ferrugem é formada por uma reação redox espontânea envolvia o nível teórico. O nível representacional, poderia ser apresentado com a escrita de equações químicas relacionadas à formação da ferrugem; a indicação das fórmulas das substâncias verificadas no processo; ou cálculos relacionados à diferença de potencial com finalidade de definir o processo de formação de ferrugem como espontâneo. De modo similar ao realizado por Silva (2013) e Ferreira *et al.* (2016), as respostas foram adotadas como satisfatórias (RS) quando apresentaram os três níveis de conhecimento químico; parcialmente satisfatórias (RPS) quando apresentavam apenas dois; e as respostas insatisfatórias (RI) foram aquelas que apenas contemplaram um nível de conhecimento químico. *Na pergunta 2: descreva (com texto e desenhos) o possível procedimento eletroquímico que os fabricantes poderiam adotar para que os ciclistas possam utilizar as correntes por mais tempo*, as duplas de estudantes puderam demonstrar entendimento em nível fenomenológico sugerindo a produção de um revestimento metálico sobre a superfície das correntes das bicicletas; sendo possível complementar as respostas com comentários envolvendo a proteção exercida por um revestimento metálico sobre a superfície da corrente, ao impedir que ela entre em contato com o oxigênio e a umidade. Em nível teórico, as respostas estariam relacionadas a compreensão de que o processo eletroquímico adequado é uma galvanoplastia, com uma descrição sucinta do que se trata esse processo. Também é esperado a indicação da formação de óxidos que dão origem as camadas passivadoras, a depender do metal indicado por eles

para o recobrimento da corrente da bicicleta. O entendimento em nível representacional, poderia ser verificado a partir da indicação das equações químicas; apresentação das fórmulas das substâncias envolvidas no processo ou uma reprodução coerente do aparato experimental necessário para realizar a galvanoplastia. Assim sendo, a resposta foi considerada satisfatória (RS) se contemplou os três níveis de conhecimento químico; parcialmente satisfatória (RPS) se contemplou dois níveis de conhecimento; e insatisfatória (RI) se contemplou apenas um dos níveis indicados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As respostas fornecidas pelas 17 duplas de alunos ao problema re-presentado ao final do último encontro da intervenção didática foram analisadas com o objetivo de identificar os três níveis do conhecimento propostos por Mortimer, Machado e Romanelli (2000): fenomenológico, teórico e representacional.

A análise das respostas à primeira pergunta do problema permitiu estruturar o Quadro 3, onde é possível verificar o perfil das respostas fornecidas por cada dupla.

Quadro 3. Categorização das respostas à primeira pergunta do problema.

Como explicar o desgaste químico percebido nas correntes?	
Categoria da Resposta	Duplas
Satisfatórias (RS)	02, 03, 06, 12 e 14
Parcialmente Satisfatórias (RPS)	04, 05, 07, 11, 13, 15, 16 e 17
Insatisfatórias (RI)	01, 08, 09 e 10

Fonte: Própria.

Conforme percebido no Quadro 3, todas as duplas responderam à primeira questão. Quatro duplas apresentaram respostas insatisfatórias, ou seja, as respostas continham apenas um, ou nenhum, dos três níveis do conhecimento químico. A Figura 9 corresponde a resposta fornecida pela dupla 01 e foi escolhida para exemplificação das respostas enquadradas nessa categoria.

Figura 09. Resposta da dupla 01 à primeira pergunta do problema.

Para as correntes se enferrujar é necessário: água, oxigênio e ferro, porém a maresia acelera mais o processo da ferrugem, porque o vento leva pingos de água que tem sais dentro.
O desgaste químico ocorre quando a corrente perde elétron, e se chama "redução".

Fonte: Própria.

Com base na metodologia adotada para a análise das respostas ao problema, verifica-se que a dupla 1, ao citar as substâncias envolvidas na formação da ferrugem e também a influência da maresia para o processo, atende aos requisitos do aprendizado em nível fenomenológico. Entretanto, a dupla 01 falha ao tentar relatar sua compreensão a respeito da reação de perda de elétrons por parte da corrente (ferro) ao nomear erroneamente o processo como uma reação de redução, dessa maneira foi considerado que a dupla 01 não desenvolveu satisfatoriamente a aprendizagem em nível teórico. Conforme a metodologia adotada, não houve na resposta nenhum registro que tornasse evidente a aprendizagem em nível representacional. Verifica-se também no Quadro 3 que oito duplas responderam de maneira parcialmente satisfatória, ou seja,

apresentando coerentemente dois dos três níveis do conhecimento químico. A Figura 10 mostra a resposta fornecida pela dupla 07, escolhida para representar as duplas que responderam de modo parcialmente satisfatório.

Figura 10. Resposta da Dupla 07 à primeira pergunta do problema.

O desgaste químico que vai pode perceber marcas
restantes é a ferrugem. Que é formada quando a
corrente liga oxigênio ao oxigênio e a água, poisa o ferro
oxida quando entra em contato com a água e o oxigênio.
Principalmente partes de praia, poisa também ficam
desgastadas à maresia.

Fonte: Própria.

Tomando como fundamentos os critérios descritos na metodologia adotada para a análise das respostas a esta primeira pergunta, constata-se a presença de indicadores que tornam a resposta satisfatória em nível fenomenológico ao se verificar que a dupla 07 citou as substâncias envolvidas no processo de formação da ferrugem e também pelo fato de apontarem a interferência da maresia para este processo. Além disso, pontuou-se de forma favorável a indicação da aprendizagem em nível teórico ao verificar que os alunos indicaram a ocorrência de uma reação de oxidação do ferro para a formação da ferrugem. Contudo, com base na metodologia empregada, não se verificou nesta resposta algum indicativo que caracteriza a aprendizagem em nível representacional. Ainda de acordo com o Quadro 3, observa-se que cinco duplas responderam à primeira pergunta do problema de modo satisfatório, ou seja, apresentaram em suas respostas aspectos que explicitam os três níveis

do conhecimento químico esperado. Optou-se pela resposta produzida pela dupla 03, Figura 11, para representar o conjunto de duplas que responderam de modo satisfatório, ou seja, registraram em suas respostas os três níveis do conhecimento químico.

Figura 11. Resposta da dupla 03 à primeira pergunta do problema.

Os elementos que dão início ao processo de ferrugem é o desgaste das ligações $Fe + H_2O + O_2$, além disso, objetos de aço podem ter o seu processo de ferrugem acelerado se entrarem em contato com a maresia.
O processo de ferrugem é considerado exponencial. Pois o ΔE é positivo.

$$\Delta E = +0,82 - (-0,44) = +0,82 + 0,44$$
$$\Delta E = +1,26V$$

Fonte: Própria.

A leitura da resposta contida na Figura 11, pautada nos critérios de análise indicados pela metodologia adotada para o presente estudo, permite verificar que a dupla 07 evidenciou a aprendizagem em nível fenomenológico quando registrou os elementos (leia-se substâncias) participantes da formação da ferrugem e consequente desgaste da corrente: o ferro, a água e o gás oxigênio. Além disso, também pontuaram que o processo de formação de ferrugem pode ser acelerado na presença da maresia. Para estruturação dessa resposta, observa-se a influência dos recursos utilizados nas intervenções didáticas, sobretudo de parte da discussão teórica realizada a partir dos vídeos: (i) Blitz Pedaleria contra a corrente enferrujada; (ii) Redução dos efeitos da maresia.

Ainda sobre o conteúdo da Figura 11, verifica-se que houve compreensão em nível teórico ao identificar na resposta dos estudantes que

a formação da ferrugem ocorre espontaneamente na presença das substâncias anteriormente indicadas. Observa-se que a aprendizagem em nível teórico percebida na resposta da dupla 07 vem acompanhada de uma justificativa pautada no cálculo da diferença de potencial da reação redox inerente à formação da ferrugem. Conforme os critérios utilizados para análise dessa resposta, a utilização dos cálculos relacionados à diferença de potencial com finalidade de definir como espontâneo o processo de formação de ferrugem e a correta utilização das fórmulas químicas das substâncias envolvidas no processo, permite atribuir o reconhecimento de que também houve aprendizagem em nível representacional. Nessa direção, são constatadas novamente as influências das atividades desenvolvidas durante as intervenções didáticas, sobretudo do uso dos vídeos que nortearam grande parte do trabalho expositivo e dialogado referente à espontaneidade das reações redox.

Diante do que foi explorado, conforme os dados do Quadro 3, percebe-se que houve entendimento – em ao menos dois dos três níveis do conhecimento químico - pela maioria dos estudantes acerca do conteúdo químico explorado na primeira pergunta, pois 13 duplas (76,5% dos alunos participantes) apresentaram respostas classificadas entre parcialmente satisfatória e satisfatória. Dessa maneira, constata-se que a sequência de ensino e aprendizagem utilizada contribuiu de maneira bastante relevante no entendimento dos conteúdos relacionados a galvanoplastia.

Dando continuidade à análise, as respostas fornecidas pelas duplas à segunda etapa da resolução do problema foram suficientes para a construção do Quadro 4.

Quadro 4. Categorização das respostas à segunda etapa do problema.

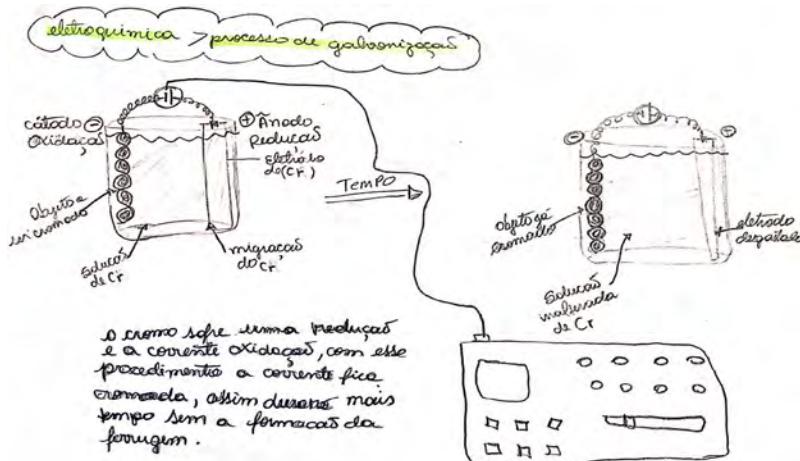
Descreva (com texto e desenhos) o possível procedimento eletroquímico que os fabricantes poderiam adotar para que os ciclistas possam utilizar as correntes por mais tempo.

Categoria da Resposta	Duplas
Satisfatórias (RS)	02, 03, 06, 07, 08, 12 e 14
Parcialmente Satisfatórias (RPS)	05, 10, 11 e 13
Insatisfatórias (RI)	01, 04, 09, 15, 16 e 17

Fonte: Própria.

Verifica-se a partir do Quadro 4 que todas as duplas forneceram algum tipo de resposta à segunda parte do problema. Seis duplas apresentaram respostas insatisfatórias, ou seja, registrando apenas um, ou nenhum, dos três níveis conhecimento químico. A Figura 12 corresponde a resposta fornecida pela dupla 15 e foi escolhida para exemplificação das respostas enquadradas nessa categoria.

Figura 12. Resposta da Dupla 15 à segunda etapa do problema.

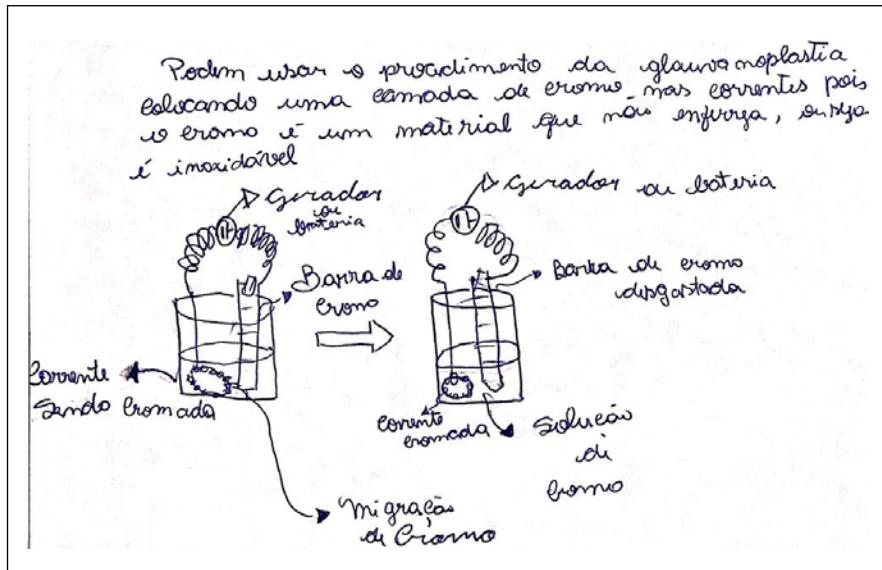


Fonte: Própria.

A análise da resposta da dupla 15, guiada pelos critérios já explicitados na metodologia empregada, permite identificar a demonstração do conhecimento químico em nível fenomenológico, pois é possível perceber que os alunos indicaram a formação de uma película de cromo (cromação) sobre a superfície da corrente da bicicleta com a finalidade de proporcionar um maior tempo de utilização do objeto sem a formação da ferrugem, o que fica evidente na leitura do trecho: “[...] assim durará mais tempo sem a formação da ferrugem.” Considerou-se que a dupla 15 falhou na apresentação da aprendizagem em nível teórico ao registrar que o processo eletroquímico descrito pelos seus desenhos seria uma galvanização, estabeleceram uma relação incorreta quando tentaram indicar o tipo de semi-reação que ocorre em cada eletrodo do circuito da galvanoplastia e pontuaram incorretamente que ocorre oxidação da corrente posicionada no cátodo do circuito. No tocante a análise do conhecimento registrado em nível representacional, apesar do empenho dos alunos na tentativa de reproduzir com desenhos o aparato experimental utilizado para a galvanoplastia, houve uma inconsistência quanto ao uso de duas fontes de energia elétrica conectadas entre si para realização do procedimento.

Ainda de acordo com o Quadro 4, é possível verificar que quatro duplas atribuíram respostas parcialmente satisfatórias, ou seja, apresentaram apenas dois dos três níveis do conhecimento químico esperados. A Figura 13 corresponde à resposta fornecida pela dupla 10 e é um exemplo das respostas que foram enquadradas nessa categoria.

Figura 13. Resposta da Dupla 10 à segunda etapa do problema.



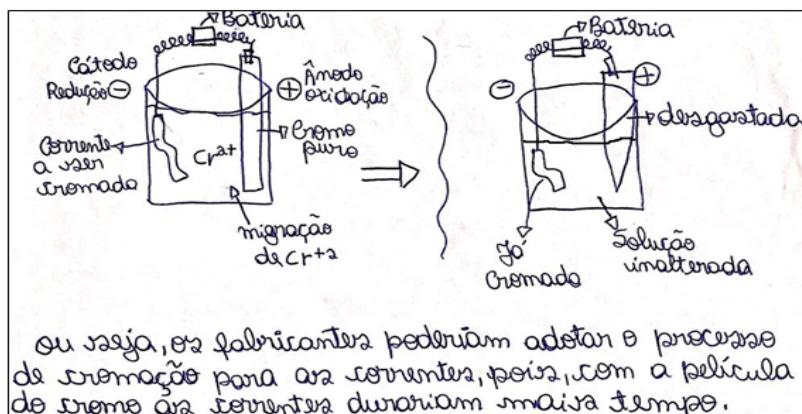
Fonte: Própria.

Observou-se que a dupla 10 conseguiu explicitar em sua resposta o desenvolvimento da aprendizagem em nível fenomenológico, pois indicaram a aplicação de uma camada de cromo sobre a corrente e ainda justificaram o fato utilizando o argumento de que o cromo não enferruja com o intuito de alegar que o cromo não sofre oxidação se comparado ao ferro que compõe o aço das correntes de bicicleta. O fato de haver a indicação da galvanoplastia como procedimento eletroquímico a ser realizado pelos fabricantes, juntamente com o esboço figurado de tal procedimento, permitiu reconhecer que houve entendimento em nível teórico. Com relação ao aspecto representacional, apesar do esforço da dupla de reproduzir em detalhes o conhecimento relativo ao procedimento da galvanoplastia, verificou-se a ausência de informações consideradas importantes, tais como: a indicação dos polos e as reações que

devem acontecer em cada um deles, as fórmulas que representam as substâncias envolvidas e as equações químicas relativas ao processo.

No Quadro 4, verifica-se que sete duplas responderam à segunda etapa do problema de modo satisfatório, ou seja, apresentaram em suas respostas elementos que evidenciam os três níveis do conhecimento químico esperado. Escolheu-se a resposta produzida pela dupla 12, Figura 14, para representar o grupo das duplas que responderam de modo satisfatório.

Figura 14. Resposta da dupla 12 à segunda etapa do problema.



Fonte: Própria.

A leitura da resposta contida na Figura 14, norteada pela metodologia considerada para esta análise, possibilita observar que a dupla 12 demonstrou entendimento em nível fenomenológico ao citar a cromação como processo adequado para proteção das correntes, proporcionando maior durabilidade. Tal observação é constatada a partir do seguinte trecho: “[...] Os fabricantes poderiam adotar o processo de cromação para as correntes, pois, com a película de cromo as correntes durariam

mais tempo". Para elaboração dessa resposta, verifica-se a contribuição do produto educacional utilizado nas intervenções didáticas, especialmente do vídeo Telecurso2000 - Aula 23/50 - Química - cromeação, niquelação, estanhagem, zincagem. Ainda sobre a Figura 14, foi constatado que ocorreu compreensão em nível teórico ao visualizar no desenho alusivo à galvanoplastia a riqueza de detalhes teóricos pertinentes ao procedimento, tais como: A correta relação entre os polos e o nome das semi-reações que ocorrem em cada um deles, o conteúdo da solução da cuba eletrolítica, a indicação de que ocorre a migração do íon Cr^{+2} , a existência de uma bateria como forte externa de energia e a condição do antes e do depois da placa de cromo. Nessa representação, verifica-se a influência direta dos seguintes recursos utilizados nas aulas dos três encontros da intervenção didática: (i) simulador monte um átomo, que contribuiu para compreensão do significado e estrutura dos íons; (ii) vídeo Telecurso2000 - Aula 23/50 - Química - cromeação, niquelação, estanhagem, zincagem; (iii) materiais impressos utilizados.

Com relação ao aspecto representacional, o fato de a resposta contemplar de maneira coerente o arranjo experimental necessário para a realização de uma galvanoplastia contribuiu para a identificação desse nível de entendimento, além de se constatar que os alunos se apropriaram das representações que dão sentido a cada componente da experimentação. Nessa direção, percebe-se a influência tanto dos momentos expositivos e dialogados que compõem a sequência de ensino e aprendizagem adotada para as intervenções e também dos recursos utilizados nos encontros, sobretudo o material impresso que orientou a terceira aula e o simulador Electrolysis, Figura 8, pois foi com esse simulador que os alunos puderam interagir/manipular as variáveis de uma eletrólise.

Analisando o Quadro 4, verifica-se que 11 duplas (64,7% dos estudantes) tiveram suas respostas enquadradas entre parcialmente satisfatórias e satisfatórias. Considera-se o desempenho dos alunos nesta segunda etapa do problema como bastante proveitoso, do ponto de vista da evolução do conhecimento químico acerca da temática galvanoplastia. Tal evolução no conhecimento químico dos estudantes relativos à galvanoplastia reforça a pertinência da sequência de ensino e aprendizagem estruturada para o presente trabalho que serviu como recurso mediador para a construção do conhecimento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de elaboração do enunciado do problema, a organização dos recursos para estruturar a sequência de ensino e aprendizagem, exigiu muito empenho, criatividade e pesquisa. Convém destacar que a escolha dos vídeos indicados demandou tempo e cuidado por parte dos autores para que apresentassem uma linguagem acessível aos estudantes do ensino médio e ao mesmo tempo não apresentassem respostas diretas ao problema, e assim não descaracterizasse a metodologia.

O trabalho aqui proposto, é passível de adaptações, em função do tempo, do público, dos equipamentos disponíveis, e outros aspectos. Também, é de fácil utilização e reproduzibilidade para professores de química que desejam trabalhar a temática galvanoplastia em suas aulas e que tenham interesse de utilizar uma metodologia que favoreça o protagonismo e a articulação do conhecimento químico com a realidade natural, social e cultural dos estudantes.

As informações que emergiram das respostas dos estudantes demonstraram a pertinente contribuição do problema elaborado e da sequência de ensino e aprendizagem construída e utilizada na intervenção

didática, pois foi possível verificar nas respostas ao problema a influência de diversos recursos utilizados, tais como: os vídeos, os materiais impressos e os simuladores. Também, impactaram positivamente os sujeitos da pesquisa pelo fato de tê-los inseridos em uma experiência pedagógica que se diferencia do método de ensino por transmissão-recepção.

Os resultados mostraram que várias duplas de estudantes conseguiram responder ao problema proposto considerando os três níveis do conhecimento químico. Outras duplas responderam ao problema levando em conta pelo menos dois níveis do conhecimento químico, mas algumas duplas apenas expressaram em suas respostas apenas um nível do conhecimento químico.

Em meio ao dinamismo das informações e a imersão tecnológica em que está a sociedade, o “ser professor” torna-se cada vez mais indissociável do “ser pesquisador”, se faz necessário que o docente tenha a consciência de que precisa acompanhar e se apropriar dos modelos de ensino inovadores com o propósito de oferecer aos estudantes as ferramentas que possibilitam a construção do conhecimento considerando as demandas sociais, ambientais e tecnológicas.

Este estudo sugere o desenvolvimento e aplicação de estratégias didáticas no contexto escolar, como é o caso da metodologia de ensino por resolução de problemas que levem em consideração os três níveis do conhecimento químico e que proporcionem a mobilização dos estudantes nesta direção.

REFERÊNCIAS

- ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de química:** questionando a vida moderna e o meio ambiente. Porto Alegre: Bookman, 2012.
- ALFAMAVIDEOS. **As Pilhas Eletroquímicas.** 2008. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=6d-yN-PKCGI&t=117s>. Acesso em: 18 de mar. 2019.
- ALVES, T. C. “**Por que enferrujou?**”: uma proposta investigativa para o ensino de reações de oxidação e redução. 2018. 155 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Mestrado em Ensino na Educação Básica, São Mateus, 2018.
- BARRETO, B. S. J; BATISTA, C. H; CRUZ, M. C. P. Células Eletroquímicas, Cotidiano e Concepções dos Educandos. **Química Nova na Escola**, v. 39, n. 1, p. 52-58, 2017.
- BATISTA, A. P. **Uma análise da relação professor e o livro didático.** 2011, 65 f. Monografia (Graduação em Pedagogia). Universidade do Estado da Bahia, Salvador, 2011.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Orientações curriculares para o ensino médio:** Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Volume 2. Brasília: MEC/SEB, 2006.
- BRASIL. **Parâmetros curriculares nacionais:** ensino médio. Brasília (DF): Secretaria de Educação Média e Tecnológica/ MEC, 2002.
- BROWN, T. L.; LEMAY, H. E.; BURSTEIN, B. E. **Química:** a ciência central. 9. ed. Toronto, CA: Pearson/Prentice Hall, 2005.
- BURGYESS, W. A. **Identificação de possíveis danos à saúde dos trabalhadores nos diversos processos industriais.** Belo Horizonte: Ergo, 1997.
- BUZZONI, H. A. **Galvanoplastia.** 2. ed. São Paulo: Ícone, 1991.

BATINGA, V. T. S. A resolução de problemas nas aulas de química: concepções de professores de química do ensino médio sobre problema e exercício. In: XV Encontro Nacional de Ensino de Química – XV ENEQ, 2004, Brasília. *Anais* [...]. Brasília: XV ENEQ, 2010.

CAMPOS, A. F.; FERNANDES, L. dos S. Tendências de pesquisas sobre aprendizagem baseada em problemas no periódico *Journal of Chemical Education*. *Pesquisa e Ensino*, 1, e202023, 1-24, 2020.

CARABETTA JÚNIOR, V. Rever, Pensar e (Re)significar: a importância da reflexão sobre a prática na profissão docente. **Revista Brasileira de Educação Médica**, v. 34, n. 4, p. 580-586, 2010.

CARAMEL, N. J. C; PACCA, J. L. A. Concepções alternativas em eletroquímica e circulação da corrente elétrica. **Caderno Brasileiro Ensino de Física**, n. 28, p. 7-26, 2011.

COSTANTINO, L.; BARLOCCO, D. Teaching an Undergraduate Organic Chemistry Laboratory Course with a Tailored Problem-Based Learning Approach. **Journal of Chemical Education**, 96, 5, 888-894. 2019.

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

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

HICKS, R. W.; BEVSEK, H. M. Utilizing Problem-Based Learning in Qualitative Analysis Lab Experiments. **Journal of Chemical Education**, 89, 2, 254-257, 2012.

JOHNSTONE, A. H. Macro and Microchemistry. **The School Science Review**, v. 64, n. 227, p. 377-379, 1982.

JUSTI, R. da S.; RUAS, R. M. Aprendizagem de química: reprodução de pedaços isolados de conhecimento? **Química Nova na Escola**, n. 5, p. 24-27, 1997.

LUCENA-SILVA, D.; CRUZ, P. S.; CHAVES, T. L. D.; VIANA, L. G.; VIEIRA, F. F. **Processo de Eletrólise em Banhos Galvânicos**. In: I Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências, Campina Grande. **Anais**[...]. 2016.

MOHR, R. **Deslocamento do cobre**. 2006. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=y6zaqklbEHU>. Acesso em: 18 mar. 2019.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. E ROMANELLI, L. I. A proposta Curricular de Química do Estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**, v. 23, n. 2, p. 273-281, 2000.

PhET. **Simulações Interativas para Ciência e Matemática**. Disponível em <http://phet.colorado.edu>. Acesso em 03 de março de 2019.

PEDALERIA - Blitz Pedaleria contra a corrente enferrujada (disponível em <https://bit.ly/2QznZcI>).

PEARSON. **Simulador Electrolysis**. 2014. Disponível em: <https://bit.ly/2x54xb6>. Acesso: 18 mar. 2019.

PIRES, A. M.; LANFREDI, S.; PALMIERI, M. C. **Energia elétrica e reações químicas**. Rede São Paulo de Formação Docente, São Paulo, módulo 4, disciplina 7, 2011.

POZO, J. I. (org). **A Solução de Problemas: aprender a resolver, resolver para aprender**. Tradução: Beatriz Neves. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

GÓI, M. E. J.; SANTOS, F. M. T. Reações de Combustão e impacto ambiental por meio de resolução de problema e atividades experimentais. **Química Nova na Escola**, v. 31, n.3, p. 203-209, ago. 2009.

GENTIL, V. **Corrosão**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

REDE GLOBO. **Como reduzir os efeitos da maresia:** algumas explicações sobre. 2016. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=-957JQpcb070>. Acesso em: 18 mar. 2019.

REDE GLOBO. Telecurso2000. **Aula 23/50 - Química - Cromeração, Niiquetação, Estanhagem, Zincagem.** 2011 b. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=wqggyiPaDAM>. Acesso: 18 mar. 2019.

ROMANO. C. **Gestão de segurança e saúde ocupacional em galvanoplastia.** 2006. 184 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Mestrado em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

RIBEIRO, L. R. C. **Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL):** uma Experiência no Ensino Superior. São Carlos: EdUFSCar, 2010, 151p.

SANJUAN, M. E. C *et al.* Maresia: Uma Proposta para o Ensino de Eletróquímica. **Química Nova na Escola**, n. 31, p. 190-197, 2009.

SILVA, V. A.; SOARES, M. H. F. B. Conhecimento prévio, caráter histórico e conceitos científicos: o ensino de química a partir de uma abordagem colaborativa da aprendizagem. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 3, p. 209-219, 2013.

SHULTZ G. V.; ZEMKE, J. M., “I Wanna Just Google It and Find the Answer”: Student Information Searching in a Problem-Based Inorganic Chemistry Laboratory Experiment. **Journal of Chemical Education**, 96, 4, 618-628, 2019.

ELABORAÇÃO E VALIDAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA PARA O ESTUDO DO CONTEÚDO REAÇÕES QUÍMICAS NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Roberto Cesar Mendes Marques dos Santos

Tainá Melquíades Arrospide

Verônica Tavares Santos Batinga

INTRODUÇÃO

A compreensão e aplicação dos conceitos abordados na Química são de extrema importância para a vida dos cidadãos, pois ela se faz presente na fabricação de fogos, na produção de energia, na corrosão de materiais e na indústria de produtos alimentícios (ROSA, 1996).

Segundo Mol (1996), o ensino de Química precisa proporcionar o entendimento dos fenômenos e transformações químicas para que o estudante, de maneira fundamentada, possa utilizar esse conhecimento em situações de tomada de decisão e interação com o meio social no qual está inserido.

Em pesquisa realizada com estudantes sobre a construção do conceito de Transformações Químicas, a luz de uma abordagem construtivista, Rosa (1996) percebeu que as ideias dos estudantes sobre este conceito são bastante distintas daquela cientificamente aceita, por se tratar de conhecimentos adquiridos na vivência cotidiana do estudante. Tais

ideias se não forem expressas e discutidas com os estudantes pode dificultar a construção de novos conhecimentos com amparo científico no contexto escolar.

Diante deste contexto, recorremos neste trabalho à metodologia de Ensino por Investigação (EPI), a qual o estudante pode atuar como protagonista da construção do seu conhecimento, e o professor como mediador desse processo. O objetivo é elaborar e validar uma proposta didática de Química, por meio de uma sequência didática baseada no EPI para o estudo do conteúdo Reações Químicas, que possibilite ao estudante uma aprendizagem significativa, e que faça sentido para ele (FILGUEIRAS, 2004).

O EPI pode ser compreendido como um ensino de conteúdos e conceitos, no qual o professor cria um ambiente em sala de aula, que permita aos estudantes: pensar, considerando a estrutura do conhecimento; falar, evidenciando seus argumentos e conhecimentos construídos; ler, entendendo criticamente o conteúdo/conceito estudado e escrever, mostrando autoria e clareza nas ideias apresentadas (CARVALHO, 2018).

Segundo Sassenon (2018) o EPI pode ser caracterizado pela presença de alguns elementos: o estudante como protagonista intelectual, a aprendizagem que contemple conteúdos procedimentais, conceituais e atitudinais, o ensino que engaje os estudantes na introdução de novas culturas, a articulação das práticas de ensino às cotidianas e a aprendizagem que vise à transformação da sociedade.

O EPI apresenta características que precisam ser contempladas nas etapas de planejamento e desenvolvimento, como: a problematização; a resolução de problemas; a elaboração e confronto das hipóteses; a avaliação de evidências; valorização de discussões e debates; aplicação do

conhecimento científico; múltiplas interpretações sobre problemas e diversas estratégias de resolução; e a comunicação dos resultados, que possibilita ao estudante ser protagonista do processo de construção do conhecimento.

De acordo com Zômpero e Laburú (2011) e Zômpero et al. (2019) as etapas do EPI são: apresentação do problema pelo professor ou proposto pelo aluno, problematização para contextualizar e situar o problema, elaboração/testagem de hipótese, coleta, registro e análise de dados na realização de experimentos ou atividades investigativas, elaboração e comunicação de resultados e conclusão. A ideia é que os estudantes sejam pensadores reflexivos na busca de respostas para a resolução de problemas na investigação.

No EPI é papel dos estudantes elaborar hipóteses sobre o fenômeno observado, desenvolver a capacidade de argumentação, vivenciar processos de investigação para a resolução de problemas, respeitar a opinião de seus pares quanto à liberdade do pensar. Ao professor cabe elaborar sequências didáticas investigativas, auxiliar na sistematização de ideias, mediar o processo de construção do conhecimento, incentivar a elaboração de hipóteses, orientar a investigação e promover a comunicação dos resultados e conclusões dos problemas investigados pelos estudantes.

Diante disso, quando se pensa em estruturar sequências didáticas baseadas no ensino por investigação, Carvalho (2013) e Sasseron, Scarpas e Silva (2017) destacam que a atuação/ação do professor deve levar o estudante a reconhecer seu papel de protagonista na construção do conhecimento científico escolar, o qual se pretende que seja consolidado e ampliado ao longo das atividades da sequência.

Para Azevedo, Marcelino e Machado (2020), uma Sequência Didática Investigativa (SDI) é um conjunto de atividades que objetivam contribuir para a formação e desenvolvimento de conceitos e práticas científicas pelos alunos. Carvalho (2013) afirma que a SDI deve se aproximar dos elementos teóricos e práticos do ensino por investigação, propondo atividades que considerem: elaborar e/ou testar hipóteses, realizar atividades investigativas, coletar dados e informações, discussões e debates, trabalho em grupos e resolução de problemas, a fim de alcançar os objetivos de ensino e aprendizagem previstos para o conteúdo/conceito estudado. No caso deste trabalho as Reações Químicas.

A ferramenta Diagnóstico de Elementos de Ensino de Ciências por Investigação (DEEnCI) apresenta itens/questões analíticos denominados de A, B, C e D que servem para avaliar o planejamento e desenvolvimento do EPI no contexto escolar, por exemplo por meio de uma SDI (CARDOSO; SCARPA, 2018).

O item A refere-se à introdução dos estudantes na Investigação de um tema/conteúdo que visa despertar seu interesse e curiosidade. Para tanto, o docente pode incentivar a exploração ou observação de fenômenos científicos, a leitura de teorias. E também buscar identificar ideias ou experiências prévias dos alunos sobre o tema/conteúdo/problema/questão investigados.

O item B composto por B1.1 e B1.2 refere-se ao Apoio às Investigações dos alunos, especificamente, o B1.1 trata da proposição de um problema/questão sobre o tema/conteúdo pesquisado, que deve centrar-se no objeto, fenômeno e/ou fato estudado, permitindo aos estudantes coletar e analisar dados, buscando o desenvolvimento de explicações e da elaboração de argumentos sobre fenômenos científicos estudados. O item B1.2 requer do docente envolver os alunos na delimitação do

problema e/ou questão pesquisada. O engajamento dos estudantes pode ser feito mediante a problematização, usando recursos diversos ou pela elaboração de perguntas sobre o tema/conteúdo investigado.

O item B2.1 refere-se às hipóteses e previsões elaboradas e posteriormente confrontadas pelos estudantes no processo investigativo. A primeira diz respeito às explicações e argumentos provisórios e iniciais relativos à grandezas/variáveis e conteúdos que se relacionam com o problema/questão, e as previsões são os resultados esperados e obtidos a partir das realizações de testes/experimentação. O item B2.2 trata da ação do docente quando estimula os estudantes a explicitar suas ideias para responder o problema/questão e/ou acerca do que eles preveem que vai acontecer durante a investigação. Já o item B2.3 refere-se o estímulo do docente para que os alunos apresentem justificativas para as hipóteses/previsões propostas, com base em observações iniciais, concepções prévias e no conhecimento científico.

O item B3 remete ao Planejamento da investigação, sendo composto por três subitens. O B3.1 requer que o docente defina ou incentive os alunos a organizar os procedimentos de investigação. Quando estes são experimentais, é importante explicitar quais fatores serão mantidos constantes para que somente as variáveis investigadas sofram modificação. Nos não experimentais, o docente solicita que os estudantes realizem ações de observação, descrição, identificação de fenômenos, amostras, medidas, coletas de informações em fontes diversas com a finalidade de produzir dados. O item B3.2 requer a mediação do professor para que os estudantes possam tomar decisões sobre os procedimentos e materiais adotados na investigação. Já o item B3.3 indaga se estes procedimentos possibilitam que os estudantes respondam ou investiguem o problema de pesquisa.

Quanto ao item B4 diz respeito à Coleta de dados, e desdobra-se em três aspectos. O B4.1 pergunta se para responder à questão/problema e realizar a testagem da hipótese/previsão ocorre coleta de dados. Já o B4.2 indaga se o docente estimula os estudantes a participarem ativamente da coleta e uso de dados. No B4.3 trata se o docente estimula os estudantes ao registro dos dados coletados por meio de anotações, elaboração de gráficos, quadros e tabelas. Por fim, o item B4.5 questiona se o tipo de dados coletado/gerado possibilita que os alunos realizem a testagem de hipóteses/previsão. O item B4.4 não se aplica ao tipo de atividade sequência proposta, por isso não foi adotado como categoria de análise.

Sobre o item C refere-se ao Guia de análises e conclusões, e constitui-se de 7 subitens. O C1 solicita que o professor encoraje os estudantes a realizar análises dos dados por meio de integração e de padrões, de modo a produzir resultados. Enquanto, o C2 remete a ação do docente de incentivar os alunos a elaborar conclusões, com base nos resultados. O C3 requer que o professor estimule os estudantes a explicar e justificar os resultados e conclusões a partir de ideias/conceitos científicos relativos à investigação. O C4 indaga se o professor estimula os alunos a refletir se as observações e resultados são coerentes com a conclusão. O C5 trata de o professor instigar os estudantes a comparar a hipótese e/ou previsão elaboradas com as conclusões. O C6 questiona se o docente solicita aos alunos a analisar se as conclusões da investigação auxiliaram na resolução da questão/problema. Finalmente no C7, o professor pode propiciar um momento de reflexão dos discentes sobre o processo investigativo.

O item D aborda o Incentivo à comunicação e ao trabalho em grupo, desdobrando-se em três aspectos. O D1 solicita que o docente pro-

picie o trabalho coletivo e cooperativo nos grupos de alunos para a discussão, distribuição e integração das atividades investigativas. No D2 o professor estimula os grupos a relatar e apresentar os resultados e conclusões da pesquisa a turma ou escola. Em D3 o docente pode encorajar os discentes a perguntar, responder, concordar ou discordar sobre os resultados e conclusões relatados pelos grupos. Nesse trabalho os itens A, B, C e D foram adotados como categoria de análise para avaliar o planejamento da SDI proposta.

A DEEnCI (Cardoso; Scarpa, 2018) apresenta item/questões que abordam aspectos como: resolução de problemas e/ou questões, proposição de hipóteses, coleta, registro, análise e interpretação de dados, comunicação dos resultados do processo investigativo, e continuidade do processo investigativo (se necessário), os quais precisam ser contemplados em propostas didáticas elaboradas com base no EPI. Tais questões podem orientar o professor no processo de planejamento, implementação e validação de sequências didáticas na perspectiva de ensino por investigação.

Diante do exposto, delimitamos o seguinte problema de pesquisa: Como realizar a validação de uma SDI para o ensino de Reações químicas, voltada para estudantes do 3º ano do ensino médio?

Buscando responder o problema, este trabalho centra-se na validação de uma SDI sobre reação química em contextos distintos do cotidiano.

METODOLOGIA

O estudo é de caráter qualitativo porque privilegia uma abordagem qualitativa dos dados analisados por meio de processo de descrição e interpretação, com o objetivo de compreender o objeto de estudo pes-

quisado (LÜDKE; ANDRÉ, 1986). O objetivo deste trabalho é realizar a validação de uma SDI sobre reação química em contextos distintos do cotidiano.

Para Oliveira (2007, p. 41) “a pesquisa qualitativa é um processo de reflexão e análise da realidade por meio do uso de métodos e técnicas, buscando uma compreensão minuciosa do objeto de estudo e de seu contexto [...].” Tal processo refere-se a estudos pertinentes ao tema de pesquisa, observações, aplicação de questionários, entrevistas e análises de dados, que deve ser apresentado de forma descritiva.

Inicialmente foi elaborada uma SDI intitulada “Reações Químicas em diferentes situações do cotidiano” com base nos pressupostos destacados por Carvalho (2018) e Sasseron, Scarpa e Silva (2017). A SDI apresenta cinco momentos que envolvem 10 aulas de química de 50 minutos cada, podendo ser desenvolvida em escolas da rede pública e privada. Todos os momentos foram constituídos de duas aulas geminadas. A sequência foi delineada para ser desenvolvida em turmas do 3º ano do ensino médio, devido à complexidade dos problemas propostos para o estudo do conteúdo de Reações Químicas.

A fase de elaboração e resolução de problemas para uma SDI precisa contemplar elementos, como: apresentação de um problema fictício ou real, utilização de atividades e recursos didáticos que ajudem os estudantes na apropriação dos conteúdos inseridos no problema, a promoção do trabalho colaborativo e participativo; a identificação de necessidades de aprendizagem do estudante (pelo levantamento de concepções prévias), a aprendizagem construída a partir da resolução do problema e a avaliação processual relativa à construção do conhecimento científico escolar (VASCONCELOS; ALMEIDA, 2012).

O **Quadro 1** apresenta alguns destes elementos que foram contemplados nos momentos previstos para a SDI (VASCONCELOS; ALMEIDA, 2012):

Quadro 1. Elementos dos problemas considerados na elaboração da SDI.

Elementos	Momentos
Apresentação do Problema Proposto P	Momento 1: cenário do problema (atividade com apresentação das imagens e resolução do problema P para identificar os conhecimentos prévios dos estudantes)
Realização de atividades que subsidiarão a elaboração de hipóteses e construção de conceitos inseridos no problema	Momentos 2 e 3: aula expositiva dialogada, realização de experimentos articulados a problemas (PE1, PE2, PE3 e PE4) e comunicação dos resultados da resolução dos problemas.
Promoção do trabalho colaborativo	Momentos 1, 2 e 3 através de atividades em grupo, promovendo a interação e participação de todos os estudantes.
Identificação das necessidades de aprendizagem do estudante	Ao longo de todo processo, principalmente, no momento 1 quando os estudantes expressam seus conhecimentos prévios sobre o conteúdo de trabalho.
Avaliação nas atividades da SDI	Em todas as atividades da SDI. Momentos em que os estudantes terão a oportunidade de expressar os conhecimentos construídos.

Fonte: Própria.

Características específicas do EPI (CARVALHO, 2013; 2018; SASERON; SCARPA; SILVA, 2017) foram consideradas durante o planejamento da SDI, como: apresentação do problema (momento 1), valorização de debates e discussões, mobilização de conceitos científicos (momento 2), identificação e avaliação de evidências, elaboração de hipóteses e interpretações diversas relativas ao fenômeno observado (momentos 3 e 4) e a comunicação dos resultados (momento 5). Os Quadros 2, 3, 4, 5 e 6 apresentam uma síntese do planejamento da SDI “Reações Químicas em diferentes situações do cotidiano”.

Quadro 2. Momento 1 da SDI.

Aulas nº 1 e 2: Introdução ao conteúdo Reações Químicas		
Objetivo das atividades: Identificar concepções dos alunos sobre processos de transformação de materiais que ocorrem no dia a dia.		
Atividades	Ações	Tempo didático
Análise de imagens	Problematização sobre fenômenos físicos e químicos, buscando identificar concepções prévias dos estudantes.	
Exibição de vídeos curtos	Debate sobre Reações Químicas em contextos diversos Elaboração de hipóteses iniciais para resolução do problema (P)	
Apresentação do Problema P	Problema P: Muitas atividades que realizamos diariamente na cozinha de nossa casa são permeadas por diferentes transformações. Observando alguns aspectos inerentes ao cozimento dos alimentos, como o preparo do feijão, da carne, de ovos, pense e responda: Para isso, use a linguagem e representação do conhecimento químico. Q1) Pode-se observar alguma transformação nos alimentos durante o cozimento? Se sim, há formação de novas substâncias? Se sim, escolha um alimento e descreva as transformações ocorridas no processo de cozimento. Q2) Descreva exemplos de transformações que acontecem nos contextos: A) Na dissolução de um comprimido efervescente de sais de frutas em água, B) Ao descascar maçãs para preparar salada de fruta, C) No cozimento de ovos, D) Na preparação da massa de pão, E) Na formação da ferrugem e F) Ao acender a chama da boca do fogão.	50 minutos
	Fonte: Autores (2019).	
Sistematização do conhecimento	Socialização das respostas iniciais dos grupos para o problema P. Entrega da ficha de resolução de (P) ao professor.	50 minutos
Recursos didáticos	Datashow, notebook, slides com as imagens e ficha com o problema P	
Espaço físico	Sala de aula	
Organização da turma	Grupos de 5 estudantes	

Fonte: Própria (2022).

Quadro 3. Momento 2 da SDI.

Aulas nº 3 e 4: Exposição dialogada sobre o conceito de Reação Química		
Atividades	Ações	Tempo didático
Debate sobre o texto "Reações Químicas no Cotidiano"	Leitura do texto; interação e discussão entre grupos	50 minutos
Sistematização do conhecimento	Aula expositiva dialogada com a participação dos estudantes por meio de perguntas e comentários	50 minutos
Recursos didáticos	DataShow, notebook, texto e slides	
Espaço físico	Sala de aula	
Organização da turma	Grupo de 5 estudantes	

Fonte: Própria (2022).

Quadro 4. Momento 3 da SDI.

Aulas nº 5 e 6: Atividade Experimental sobre Reação Química
Objetivo da atividade: Mobilizar conceitos e elaborar estratégias para resolver problemas a partir da experimentação sobre reação química e da realização de pesquisas.
A experimentação proposta é do tipo investigativa, sendo uma atividade prática que exige dos estudantes uma participação ativa na sua realização, visando contribuir para a formação de conceitos químicos, o estímulo a interação social, discussão de ideias e elaboração e testagem de hipóteses para resolução de problemas (MELO; DUTRA; DÁVILA, 2021).
Problema experimental 1 (PE1): A maçã é uma fruta indicada para quem quer começar uma dieta. Suas fibras ajudam a dar a sensação de saciedade. A casca possui fibras que não são digeridas rapidamente, por isso ficam mais tempo no estômago. Após executar o experimento 1 e realizar pesquisas, responda: Q3) O que acontece com a maçã quando exposta ao ar? Q4) O que acontece com a maçã quando em contato com o suco de limão, com o bicarbonato de sódio e com o vinagre? Q5) Há formação de novas substâncias quando a maçã entra em contato com o suco de limão, com o bicarbonato de sódio, com o vinagre e o com o oxigênio do ar? Q5) Há diferença no tempo de modificação da aparência da maçã em cada prato? Proponha respostas para cada pergunta, usando a linguagem e o conhecimento da química. Fonte: Autores (2019).

Problema experimental 2 (PE2): O ovo é um alimento que contém várias substâncias como as vitaminas A, do complexo B, E, K, D, e Zinco, Ferro e Selênio, que atuam como antioxidantes e auxiliam na prevenção do envelhecimento precoce das células do nosso corpo. A casca do ovo é constituída por um composto químico chamado carbonato de cálcio. Após realizar o experimento 2 e pesquisar, pense e responda: Q6) Descreva o que ocorre quando se adiciona vinagre ao ovo dentro do recipiente. Q7) Há formação de novas substâncias durante este processo? Se sim, justifique sua resposta, usando a linguagem e o conhecimento da química. Q8) Quais fatores podem influenciar na modificação da aparência da casca do ovo? Justifique sua resposta. Fonte: Autores (2019).

Problema experimental 3 (PE3): O Pão é um alimento rico em carboidrato. Seu preparo utiliza ingredientes como farinha de trigo, açúcar, água, sal e fermento. Para o bom funcionamento do nosso organismo, 50 a 60% das calorias que necessitamos devem vir da ingestão de carboidratos. Após executar o experimento 3 e realizar pesquisas, pense e responda: Q9) Observe e descreva as características macroscópicas de cada massa de pão. Q10) Para você houve formação de novas substâncias no preparo das massas? Se sim, use a linguagem e o conhecimento da química para representar o processo de formação de novas substâncias. Fonte: Autores (2019).

Problema experimental 4 (PE4): Em geral, comprimidos efervescentes são feitos de sais de carbonato ou bicarbonato e algum ácido fraco (geralmente o ácido cítrico). Quando colocados em água, estes efervescentes começam a produzir bolhas. Após executar o experimento 4 e realizar pesquisas, pense e responda: Q11) O que acontece com o comprimido quando mergulhado no copo com água? Q12) Que aspectos são observados no copo nos três primeiros minutos do experimento? Q13) Há formação de novas substâncias quando o comprimido se dissolve na água? Se sim, justifique sua resposta, usando a linguagem e a representação do conhecimento da química para justificar o processo de formação de novas substâncias. Fonte: Autores (2019).

Atividades	Ações	Tempo didático
Apresentação de normas de segurança de laboratório	Discussão sobre boas práticas de laboratório	50 minutos
Realização de quatro experimentos	Manipular vidrarias e reagentes, realizar procedimentos, observar e descrever fenômenos, elaborar e/ou testar hipóteses, registrar e analisar dados coletados, resolver problemas, interagir e discutir os resultados no grupo, realizar pesquisa na internet em fontes diversas, elaborar conclusões de forma coletiva.	50 minutos
Recursos didáticos	Materiais e vidrarias de fácil acesso e baixo custo, ficha para registro de observações e ficha com os problemas PE1, PE2, PE3 e PE4.	
Espaço físico	Laboratório escolar ou sala de aula	
Organização da turma	Grupo de 5 estudantes	

Fonte: Própria, 2022.

DESCRÍÇÃO DOS EXPERIMENTOS

1º Experimento relacionado com o PE1

Nesse momento os estudantes em grupos precisam retomar a leitura e análise do problema PE1, procurando elaborar hipóteses e buscar respostas para resolvê-lo durante a realização do experimento, e realizar pesquisas na internet, artigos e/ou livros.

Quantidade de Materiais

- 2 (duas) Maçãs;
- 5 (cinco) Limões;
- 2 (duas) garrafas de Vinagre de 500 mL (cada);
- Bicarbonato de sódio em pó;
- 4 (quatro) pratos rasos;
- 1 (uma) Caneta;
- Fita adesiva.
- Papel pautado ou ofício

Figura 1. Imagem do Experimento 1 (PE1).



Fonte: colegio.web.com.br. Acesso: 10/06/2019.

Procedimento:

Para responder ao problema PE1 os estudantes em grupos devem: numerar quatro pratos rasos e descartáveis com fita adesiva e usar a caneta para identificar, respectivamente, cada prato com os nomes limão, vinagre, bicarbonato de sódio e sem adição. Cortar duas maçãs ao meio e coloca-los em cada prato numerado e identificado. No primeiro prato deve-se gotejar suco de limão sobre o pedaço da maçã. No segundo colocar algumas gotas de vinagre. No terceiro prato adicionar o bicarbonato de sódio em pó e espalhar por toda a superfície da maçã. No quarto prato deixar a quarta parte da maçã exposta à ação do ambiente. Cada grupo deve cronometrar o tempo em que houve ou não modificação da aparência (textura e cor da maçã) em cada prato. Anotar na tabela 1, o que observaram sobre a aparência da maçã em cada prato.

Tabela 1. Anotações do Experimento 1 (PE1).

Tempo	Substância adicionada	Aparência	Temperatura

Fonte: Própria.

Observações importantes: Ao dividir a maçã o tempo computado será 0 (zero). Em relação à temperatura basta identificar se o dia está quente, muito quente, agradável ou frio. Na tabela 1 devem ser preenchidas as observações para cada pedaço de maçã. Anote qualquer mudança na aparência de cada parte da maçã no instante que forem feitas as adições de suco de limão, vinagre, solução de bicarbonato e sem adi-

ção. Ao final do experimento 1 entregue as anotações feitas na tabela 1 e a resolução do problema PE1 ao professor.

2º Experimento relacionado com o PE2

Os estudantes em grupos devem ler, discutir e elaborar hipóteses a fim de buscar responder o PE2.

Quantidade de materiais:

- 2 (dois) ovos de galinha (cru)
- 2 (dois) recipientes de vidro transparente de aproximadamente 250 mL
- 2 (duas) garrafas de vinagre de 500 mL cada.

Figura 2. Imagem do Experimento 2 (PE2).



Fonte: <https://www.curioso.blog.br/post/veja-ovo-submerso-vinagre/>.

Procedimento:

Inicialmente cada grupo deve utilizar um recipiente de vidro transparente, por exemplo, um bêquer de 250 mL e colocar um ovo cru. Em seguida deverá preencher o bêquer com vinagre até cobrir totalmente o ovo. Deverá se observar se há ocorrência de qualquer alteração no momento em que for adicionado o vinagre. Em caso positivo, deve-se

cronometrar o tempo em que se observam quaisquer alterações. Os estudantes devem descrever numa ficha os diferentes aspectos observados na aparência e textura da casca do ovo cru. Após a realização do experimento 2 os grupos devem entregar ao professor a ficha com as anotações das observações e a resolução do PE2.

3º Experimento relacionado com o PE3

Inicialmente, os grupos de estudantes devem ler, discutir e elaborar hipóteses, como resposta ao PE3.

Quantidade de Materiais

- 4 (quatro) porções de $\frac{1}{2}$ Kg de farinha de trigo cada
- 2 (duas) porções de 10 g de fermento biológico
- 4 (quatro) porções de 15 g de sal cada
- 4 (quatro) porções de 20 g de açúcar cada
- 4 (quatro) colheres de sopa de margarina
- 2 (dois) pratos de sopa rasos

Procedimento:

Preparar duas massas de pão, usando a quantidade indicada de farinha, açúcar, água e margarina. Em apenas uma das massas adicionar 10 gramas de fermento biológico. Após a mistura colocar cada uma das massas sobre um prato raso e deixar descansar por 30 minutos. Passado esse tempo, observe e descreva o que ocorre com a aparência e textura das massas. Após a realização do experimento 3 os grupos devem entregar ao professor a ficha com as anotações das observações e a resolução do PE3.

Figura 3: Imagem do Experimento 3 (PE3).



Fonte: colegio.web.com.br.

4º Experimento relativo a PE4

Os grupos de estudantes devem fazer a leitura do enunciado do problema PE4, discutir e elaborar hipóteses para sua resolução.

Quantidade de materiais

- 4 (quatro) pastilhas efervescentes de sais de frutas.
- 2 (dois) copos americanos transparentes
- 1 (um) Litro de Água
- 2 (dois) cronômetros

Procedimento:

Cada grupo deve adicionar aproximadamente 100 mL de água em um copo transparente e depois mergulhar uma pastilha de sal de frutas. Imediatamente registre o tempo (Tabela 2 – fase 1) e os fenômenos observados durante a realização do processo. Cada grupo deverá repetir o processo e anotar os tempos inicial e final de dissolução das pastilhas na Tabela 3 (fase 2). Após o registro cada grupo deverá resolver o problema PE4 e entregar a ficha de respostas ao professor.

Tabela 2. Registro das observações do PE4 - fase 1.

Pastilhas	Tempo Inicial	Tempo Final
Inteira		

Fonte: Própria.

Tabela 3: Registro das observações do PE4 - fase 2.

Pastilhas	Tempo Inicial	Tempo Final
Inteira		

Fonte: Própria.

Figura 4. Imagem do Experimento 4: Dissolução de pastilhas efervescentes.



Fonte: <https://www.google.com/url?experimento-alterando-velocidade-de-uma-reacao-quimica>.

Quadro 5. Momento 4 da SDI.

Aulas nº 7 e 8: Comunicação dos resultados da investigação		
Objetivo da atividade: Ampliar os conceitos sobre reação química por meio da resolução dos problemas e divulgação dos resultados obtidos a partir da experimentação e de outras atividades da SDI		
Atividades	Ações	Tempo didático
Comunicar os resultados	Apresentar as respostas para os problemas após a experimentação, buscando interagir com outros grupos da turma.	50 minutos
Sistematização do conhecimento	Refletir sobre as respostas apresentadas e compara-las com as respostas iniciais para os problemas Síntese e feedback dos conhecimentos internalizados e esclarecimento de dúvidas dos estudantes. Levantar outras questões a partir dos problemas resolvidos	50 minutos
Recursos didáticos	Dashshow, notebook, fichas com a resolução dos problemas e registro de observações.	
Espaço físico	Sala de aula	
Organização da turma	Grupo de 5 estudantes	

Fonte: Própria (2022).

Quadro 6. Momento 5 da SDI.

Aula nº 9 e 10: Avaliação e aplicação do conhecimento apropriado		
Objetivo da atividade: Ampliar a conceituação sobre Reação Química pelos estudantes e resolver o problema P das aulas 1 e 2.		
Atividades	Ações	Tempo didático
Reapresentar o problema P	Resolver o problema P, elaborando novas hipóteses de resolução (em grupos)	50 minutos
Avaliação dos estudantes	Avaliar o conhecimento internalizado pelo estudante em cada atividade da SDI	50 minutos
Avaliação da SDI	Avaliar as contribuições e limitações da SDI na visão dos estudantes	
Recursos didáticos	Ficha com o problema P e de avaliação da SDI	
Espaço físico	Sala de aula	
Organização da turma	Grupo de 5 estudantes	

Fonte: Própria (2022).

O processo de validação da SDI consistiu na aplicação de uma ficha de validação a professores de ciências, matemática, física e química da Educação Básica. Cada um deles atuou como professor avaliador, buscando analisar todas as etapas do planejamento da sequência proposta simultaneamente com a resolução das perguntas que constam na ficha, e discorrem acerca de aspectos teórico-metodológico do EPI.

Os professores que aceitaram participar da validação da SDI assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Em seguida, eles participaram de um Encontro Formativo Introdutório sobre Ensino por Investigação (EPI) online pela plataforma Google Meet, ministrado pelo primeiro autor. Em seguida eles receberam por e-mail a Ficha de Validação da SDI, contendo questões/itens extraídos da ferramenta Diagnóstico de Elementos do Ensino de Ciências por Investigação (DEEnCI), conforme Cardoso e Scarpa (2018) e a proposta da SDI com suas etapas de planejamento, para análise, resolução e indicação de considerações sobre sua aplicabilidade em sala de aula.

Dentre os professores convidados, 07 denominados de (P1, P2, P3, P4, P5, P6 e P7) avaliaram a SDI proposta e responderam as questões/itens da ficha de validação, que trata de cinco itens: “Item A”: Que faz alusão à introdução a investigação com questionamentos sobre o interesse e motivação do estudante quanto à pesquisa; “Item B”: Que trata do apoio à investigação dos estudantes, subdividida em quatro subitens, a B1 quanto ao problema/questão com 2 perguntas, B2 com relação às hipóteses/previsões com 3 questões, B3 com relação ao planejamento da SDI com 3 questões e B4 com relação à coleta de dados com 5 questões; “Item C” Que discorre sobre a guia de análises e conclusões com 7 questões; “Item D” Que aborda o incentivo à comunicação e ao trabalho em grupo com 3 questões.

As questões da ficha de validação permitem as seguintes opções de respostas: (P) para a presença do elemento do EPI, (A) para a ausência deste elemento e não se aplica (NA), quando o elemento do EPI em análise for considerado inadequado com relação ao planejamento e contexto da SDI (CARDOSO; SCARPA, 2018).

As respostas dos professores as questões da ficha de validação (ferramenta DEEnCI) (CARDOSO; SCARPA, 2018) foram analisadas com base em categorias estabelecidas a partir dos referenciais teórico-metodológicos do EPI, segundo Carvalho (2013; 2018), Cardoso e Scarpa (2018), Sasseron, Scarpa e Silva (2017) e Sasseron (2018). As categorias teóricas delimitadas do EPI foram: Elementos e características, papel do professor e do estudante e etapas do EPI. A análise foi feita mediante comparação das respostas e comentários dos professores às questões da ficha de validação com as orientações acerca dos aspectos teóricos e metodológicos do EPI.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresentamos a análise das respostas dos sete professores participantes da validação da SDI sobre Reações Químicas. A ficha de validação consta de sete questões (Q1 a Q7) relativas a itens que tratam de elementos do Ensino por Investigação. Nesse trabalho foi analisada a dimensão do planejamento da SDI. A questão 1 (Q1) (Item A) aborda acerca da introdução a investigação e desdobra-se no item A1.

Item A1: O professor estimula o interesse dos estudantes sobre o tópico de investigação despertando o seu engajamento em um desafio?

O elemento (Item A1) do EPI pode estar presente no planejamento da SDI quando é prevista a ação do professor no sentido de incentivar a

curiosidade e participação dos estudantes sobre o tema e/ou problema/questão a ser investigado (CARDOSO; SCARPA, 2018).

Na avaliação da SDI sete professores participantes marcaram a opção de resposta (P), que indica a presença de característica do EPI, expressa no item A1. A título de evidência apresentamos alguns comentários dos docentes com relação a este item. P3: “Através de reações químicas no cotidiano do estudante”; P4: “Propôs a substituição do termo transformação por mudança no enunciado do problema”; P6: “Ocorre sim o estímulo à participação do estudante” e P7: “Os problemas apresentados buscam promover as interações entre os estudantes para resolução dos problemas”.

Em geral, as respostas dos professores participantes corroboram com as ações propostas para os docentes no 1º momento da SDI, em que há a atividade de análise de imagens, exibição de vídeos e debate acerca de situações que ocorrem reações químicas em diferentes contextos do cotidiano. Tais ações convergem com o papel do professor nas atividades investigativas (SÁ et. al, 2007). Para estes autores cabe ao docente orientar os estudantes na discussão e resolução de problemas, que representam desafios e contribuem para incentivar o interesse, motivação e participação destes em atividades voltadas para o processo de construção do conhecimento químico.

A questão 2 (Q2) (Item B) refere-se ao Apoio à Investigação dos estudantes e se desdobra nos itens/perguntas a seguir:

Item B1 - Quanto ao Problema/Questão

Item B1.1 - Há definição do problema e/ou questão de investigação proposta?

Item B1.2 – O professor envolve os estudantes na definição do problema e/ou questão de investigação?

Os sete professores identificaram a presença de elementos do EPI relativos aos itens B1.1 e B1.2, durante a análise dos momentos da SDI, o que pode ser evidenciado pela marcação da opção de resposta (P).

Estes dois itens se caracterizam pela delimitação do enunciado de um problema com a ação do professor no momento 1, pela problematização prevista nas atividades de análise de imagens e debate sobre fenômenos científicos. Estas atividades permitem aos estudantes expressar suas concepções prévias e elaborar hipóteses, ações que contribuem para a definição do problema a ser investigado. Estes aspectos corroboram com Carvalho (2018) quando afirma que o EPI deve propiciar ao aluno o exercício do pensar com base na estrutura do conhecimento estudado.

Destacam-se algumas evidências com base na resposta dos professores, relativas ao item B1. P3: “O problema foi apresentado e estimula a curiosidade do estudante”; P6: “O professor pode conversar previamente com os estudantes para esclarecer os objetivos pretendidos nos problemas, além de possibilitar que os grupos escolham a imagem que mais lhe interessa”. Em outras palavras, a imagem que para os componentes dos grupos representa ou não a ocorrência de reação química, conforme 1º momento da SDI (Quadro 1).

Na questão 3 (Q3) (Item B2) que se refere às Hipóteses/Previsões consta de três subquestões.

Item B2.1 – Há definição de Hipótese e/ou previsão para a investigação?

Item B2.2 – O professor envolve os estudantes na definição de hipótese e/ou previsão para investigação?

Item B2.3 – O professor envolve os estudantes na justificação da hipótese e/ou previsão definida?

A análise das respostas mostrou que seis professores (P1, P2, P3, P4, P6 e P7) marcaram a opção (P), que indica a presença de elementos do EPI com relação à elaboração de hipóteses, expressa nos itens (B2.1, B2.2 e B2.3). O comentário destes docentes a Q3, que se refere às etapas do planejamento da SDI foram: P1: “O professor faz uso de problema, vídeo e imagens”. P3: “O uso de vídeos, a participação dos estudantes nas atividades, experimentos e debates”. Para P4 e P6 “o professor possibilita aos estudantes pensar, dialogar com os pares, realizar pesquisa, testar suas ideias iniciais (hipóteses) a partir das atividades experimentais”.

Os professores P1 e P3 enfatizam a ação do professor no sentido de propor atividades didáticas na SDI que potencializam o trabalho dos estudantes com a elaboração e justificação de hipóteses. O item B2 se faz presente nos momentos 1 e 5 da SDI e contemplam as habilidades de pensar, falar e escrever sobre ciências/ química, que são finalidades do EPI (CARVALHO, 2018).

Os comentários de P4 e P6 a questão 3 (item B2) convergem com o que afirma os autores Cardoso e Scarpa (2018), quando discorrem sobre as hipóteses, destacando a ação do professor em incentivar os estudantes a elaborar hipóteses ou previsões, por meio da mobilização de suas ideias (concepções prévias), que permitem uma resposta inicial ao problema investigado.

O professor P5 afirmou que no item B2.1, com relação à etapa do planejamento da SDI, há previsão para questionamentos e não levantamento de hipóteses, razão pela qual assinalou a opção (A), indicando que este aspecto do EPI está ausente na SDI. Nos itens B2.2 e B2.3, P5 marcou a alternativa (NA) que corresponde a “não se aplica”, demonstrando entender que estes itens não são adequados ao contexto analisado. Com base nestas respostas, inferimos que o encontro formativo in-

trudatório sobre ensino por investigação, realizado neste trabalho, não foi suficiente para levar P5 ao entendimento do significado e função do termo/elemento hipótese no processo investigativo.

Na questão 4 (Q4) (Item B3) que aborda sobre o planejamento da investigação foram colocadas três subquestões:

Item B3.1 – Há definição de procedimentos de investigação?

Item B3.2 – O professor envolve os estudantes na definição dos procedimentos de investigação?

Item B3.3 – Os procedimentos de investigação definidos são apropriados ao problema e/ou questão?

Os sete docentes marcaram a opção de resposta (P) para os itens B3.1, B3.2 e B3.3. A análise das respostas apontam que os professores percebem a presença de aspectos do EPI, em particular, procedimentos de investigação, na avaliação da SDI proposta.

A título de ilustração descrevemos os comentários dos docentes a Q4. P1 afirmou que elementos do EPI destacam-se na proposição de experimentos de natureza investigativa. Para P3, por meio da formação dos grupos, da participação, interação e compartilhamento dos resultados com a turma. Para P4, os estudantes são incentivados a realizar o processo de observação, pesquisa, levantamento e teste de hipóteses, durante o processo de construção do conhecimento químico. P6 destacou que os experimentos, procedimentos e resolução de problemas são trabalhados para guiar o entendimento dos estudantes sobre o fenômeno químico estudado. P7 comentou que os procedimentos são direcionados para uma investigação, com a apresentação de imagens que representam fenômenos que ocorrem no cotidiano dos estudantes.

As respostas dos professores convergem com as atividades previstas em todos os momentos da sequência, as quais possibilitam aos estu-

dantes o desenvolvimento de habilidades inerentes a procedimentos de investigação, segundo Carvalho (2013; 2018), tais como: observar, analisar, registrar e interpretar dados, trabalhar em equipe, elaborar estratégias de resolução de problemas, socializar o conhecimento produzido por meio da comunicação de resultados.

A questão 5 (Q5) (Item B4) faz referência à coleta de dados e desdobra-se em cinco subquestões:

Item B4.1 – Há a coleta de dados durante a investigação?

Item B4.2 – O professor envolve os estudantes na coleta de dados?

Item B4.3 – O professor ajuda os estudantes a manter notas e registros durante a coleta de dados?

Item B4.5 – Os dados coletados permitem o teste da hipótese e/ou previsão?

O item B4 tem por objetivo identificar a presença de elementos do EPI na SDI relativos à coleta de dados (B4.1, B4.2, B4.3 e B4.5), que segundo Cardoso e Scarpa (2018) se evidenciam quanto à coleta de dados em atividades investigativas.

Nas perguntas associadas aos itens B4.1, B4.2, B4.3 e B4.5, sete docentes perceberam características do EPI na avaliação do planejamento da SDI. Apresentamos os comentários de alguns professores como evidência da opção de resposta presença (P): P3 destacou que o professor incentiva os estudantes a fazer os registros na coleta dos dados, quando solicita a apresentação dos resultados da resolução dos problemas. Já P4 observou a presença destes itens na estruturação dos roteiros experimentais. P6 fez destacou que o professor requer dos estudantes o preenchimento de tabelas para o registro de observações com base nos experimentos realizados. E pela possibilidade dos estudantes elabora-

rem hipóteses pela mobilização de seus conhecimentos prévios durante a execução dos experimentos.

Corroborando com os comentários dos docentes, observa-se que no momento 3 da SDI é proposta aos estudantes, em grupos, a realização de quatro atividades experimentais que abordam diferentes reações químicas. Para esta atividade solicita-se que os estudantes observem, façam anotações, coleta e registro de dados no caderno, e em duas tabelas que constam no roteiro de dois experimentos. Tais aspectos indicam que a observação, o registro e o pensamento reflexivo fazem parte da coleta de dados, que de acordo com Zômpero e Laburú (2011) representa uma das etapas das atividades investigativas. Estas ações permitem a elaboração e testagem de hipóteses pelos alunos para a resolução dos problemas experimentais PE1, PE2, PE3 e PE4 propostos.

Na questão 6 (Q6) relativa à guia de análises e conclusões (Item C) foram propostas sete perguntas:

Item C1 – O professor encoraja os estudantes a analisar os dados coletados?

Item C2 – O professor encoraja os estudantes a elaborar conclusões?

Item C3 – O professor encoraja os estudantes a justificar as suas conclusões com base em conhecimentos científicos?

Item C4 – O professor encoraja os estudantes a verificar se as suas conclusões estão consistentes com os resultados?

Item C5 – O professor encoraja os estudantes a comparar as suas conclusões com a hipótese e/ou previsão?

Item C6 – O professor encoraja os estudantes a considerar as suas conclusões em relação ao problema e/ou questão de investigação?

Item C7 – O professor encoraja os estudantes a refletir sobre a investigação como um todo?

Os docentes participantes marcaram a alternativa de resposta (P) para as sete questões analisadas, com exceção de P6 que marcou a opção (NA), não se aplica, para o item C6 afirmando que não entendeu esta pergunta. Consideramos que os itens C4, C6 e C7 não foram contemplados no planejamento da SDI. Inferimos que a resposta dos professores (presença) a estes itens pode se relacionar com o fato deles não possuir uma compreensão mais aprofundada sobre o EPI, uma vez que o encontro formativo introdutório sobre EPI foi apenas em um momento.

O P1 observou os aspectos relativos ao item C no quarto momento da SDI. P3 destacou que o professor, no planejamento da sequência, encoraja os estudantes a justificar suas conclusões com base em conhecimentos científicos, quando propõe a discussão dos resultados por meio das atividades de discussão e debate (momento 3 e 4).

P5 afirmou que o planejamento da SDI apresenta potencial adequado ao EPI. No entanto, ressaltou que o professor no momento da aplicação da sequência possa promover o desenvolvimento das habilidades, que o ensino por investigação propicia aos estudantes. Ele mencionou ainda que o professor encoraja os estudantes a fazer questionamentos, mas não a comparar as suas conclusões com a hipótese e/ou previsão. Entretanto no quinto momento está ação é prevista. P6 destacou que os estudantes podem confirmar ou refutar suas hipóteses, quando o docente os incentiva a discutir, argumentar e refletir sobre suas hipóteses, checando os resultados.

Em geral, a avaliação dos professores sobre elementos do planejamento da SDI se aproxima das ações previstas para os estudantes nos 3, 4 e 5 momentos da sequência e são evidenciadas nas solicitações de justificativa de respostas, com base no conhecimento químico, presentes no enunciado dos problemas propostos. E também convergem com

as ideias de Cardoso e Scarpa (2018), quando afirmam que: A análise e interpretação de dados coletados e informações pesquisadas visam à construção de novos conhecimentos, a partir da elaboração de explicações para os fenômenos investigados. Tais ações contribuem para que os estudantes articulem evidências encontradas com as ideias científicas, e isso favorece a elaborações de respostas para os problemas e de conclusões sobre a investigação.

O item D (questão 7 – Q7) diz respeito ao incentivo à comunicação e ao trabalho em grupo, que se desdobra em três perguntas.

Item D1 – O professor encoraja os estudantes a trabalhar de forma colaborativa em grupo?

Item D2 – O professor encoraja os estudantes a relatar seu trabalho?

Item D3 – O professor encoraja os estudantes a se posicionar frente aos relatos dos colegas sobre a investigação?

Todos os docentes identificaram aspectos relativos aos itens D1, D2 e D3, marcando a alternativa (P). As justificativas dos docentes durante a análise destas perguntas foram: P3 afirmou que no planejamento da SDI é prevista a divisão da turma em grupos, a apresentação dos resultados obtidos da investigação e no momento do debate para toda a turma. P4 destacou a valorização da opinião dos estudantes, com respeito às diferentes ideias e o debate em grupos. P6 ressaltou o incentivo do docente ao trabalho em grupo, dando espaço para que os estudantes reflitam sobre suas considerações, especialmente, no quarto momento da SDI, quando se propõe a exposição de suas ideias, interpretações e conclusões. P7 enfatizou o item D3 “[...] quando o professor fomenta a criação de “conflitos cognitivos” possibilitando que suas hipóteses sejam comprovadas ou refutadas no transcorrer das atividades de pesquisa”.

Analisando o desenho da SDI percebe-se que os estudantes são orientados a trabalhar em grupos colaborativos e a socializar suas ideias e conclusões em todos os momentos, o que converge com as justificativas apresentadas pelos docentes sobre o item D. A presença destes elementos corrobora com Zompero e Laburú (2018) quando discorrem acerca da importância da comunicação oral e verbal nas abordagens investigativas. Especificamente, na SDI analisada a comunicação ocorre nos momentos em que se requer dos estudantes, em grupos, que apresentam os resultados das atividades experimentais e da resolução dos problemas investigados. Tais atividades foram concebidas na perspectiva dos autores Melo; Dutra; Dávila (2021).

Em linhas gerais, as respostas dos professores convergem com afirmação de Carvalho (2018), quando destaca que no ensino por investigação, o professor deve criar condições para que os estudantes possam desenvolver: o pensar, levando em consideração a estrutura do conhecimento; o falar, evidenciando seus argumentos e conhecimentos construídos; ler, entendendo criticamente o conteúdo que está sendo trabalhado; e, por fim escrever, mostrando autoria e clareza nas ideias expostas. Tais aspectos se aliam as ações previstas para os estudantes nas atividades propostas na SDI sobre reação química, com a mediação do professor e dos recursos didáticos previstos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A validação da SDI proposta ancorada na ferramenta adotada possibilita que se avalie o seu planejamento, e se as ações do professor e as atividades propiciam a realização de um processo investigativo em potencial. Assim, a ferramenta DEEnCI viabiliza a identificação de características e elementos centrais para a estruturação e desenvolvimento

da abordagem investigativa no contexto escolar, sendo este um aspecto principal de uma ferramenta analítica.

Entretanto, consideramos que apenas um momento de formação sobre o ensino por investigação e a ferramenta DEEnCI, pelo primeiro autor da pesquisa, não tenha sido suficiente para uma maior apropriação dos professores participantes acerca da abordagem investigativa. Por fim, este trabalho pode contribuir com pesquisas em ensino das ciências que visam avaliar a etapa de planejamento de propostas e desenhos didáticos com base no ensino investigativo por meio da ferramenta DEEnCi.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, L. E. S.; MARCELINO, V. S.; MACHADO, C. B. H. Sequências de ensino investigativas: um desafio na formação inicial de professores de Ciências. **REnCiMa**, São Paulo, v. 11, n.7, p. 360-378, nov. 2020.
- CARDOSO, M. J. C.; SCARPA, D. L. Diagnóstico de elementos do ensino de ciências por investigação (DEEnCI): Uma ferramenta de análise de propostas de ensino investigativas. **Revista Brasileira de Pesquisa em Ensino de Ciências**, v. 18, n. 3, p. 1025–1059, dez. 2018.
- CARVALHO, A. M. P. (Org.). 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 Ensino de Ciências**, v. 18, n. 3, p. 765-794, dez. 2018.
- LÜDKE, M. ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação**: abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986.

MELO, G. C.; DUTRA, B. K.; DÁVILA, E. S. A experimentação investigativa na formação de professores a partir da prática como componente curricular. **REnCiMa, São Paulo**, v. 12, n. 4, p. 1-24, jul./set. 2021.

OLIVEIRA, M. M. Como fazer pesquisa qualitativa. Recife: **Vozes**, 2007.

SÁ, E. F.; PAULA, H. F.; LIMA, M. E. C. C.; AGUIAR, O. G. As características das atividades investigativas segundo tutores e coordenadores de um curso de especialização em ensino de ciências. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6, 2007, Florianópolis. **Anais**. Florianópolis: UFSC, 2007.

SASSERON, L. H. Ensino de ciências por investigação e o desenvolvimento de práticas: Uma mirada para a base nacional comum curricular. **Revista Brasileira de Pesquisa em Ensino de Ciências**, v. 18, n. 3, p. 1061-1085, dez. 2018.

SASSERON, L. H.; SCARPA, D. L.; SILVA, M. B. O ensino por investigação e a argumentação em aulas de ciências naturais. **Revista Tópicos Educacionais**, Recife, v. 23, n. 1, p. 1-21, 2017.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: Aspectos históricos e diferentes abordagens. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 13, n. 3, p.67-80, set-dez. 2011.

ZÔMPERO, A. F.; ANDRADE, M. A. B. S.; MASTELARI, T. B.; VAGULA, E. Ensino por investigação e aproximações com a aprendizagem baseada em problemas. **Revista Debates em Educação**, v. 11, n. 25, p. set./dez. 2019.

ENSINO POR INVESTIGAÇÃO NA ABORDAGEM DO TEMA NANOTECNOLOGIA: POSSILIDADE DE DESENVOLVIMENTO DA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA EM AULAS DE QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO

Reobe Felipe da Silva
Danylo David de Lima Silva

INTRODUÇÃO

Desde o período da reforma educacional científica internacional, por volta dos anos 60, as habilidades de investigação científica ganharam foco na pesquisa de educadores em ensino de Ciências em todo o mundo (WANG; GUO; JOU, 2015). Nesse sentido percebe-se a necessidade de um ensino dinâmico, que englobe as interações e desperte o interesse do indivíduo pelo aprendizado de ciências.

As abordagens didáticas que focam na interação social e contextualização do conhecimento científico escolar podem contribuir para o planejamento e condução do ensino pelo professor, uma delas é o Ensino por Investigação (EPI). *A priori*, as características das atividades de

natureza investigativa envolvem uma série de habilidades de investigação científica, como a capacidade de analisar dados; o planejamento de pesquisas para buscar resolver problemas; e a interpretação de resultados de experimentos e atividades e a sistematização do conhecimento (MAURO; FURMAN; BRAVO, 2015).

Para Sasseron (2015) o EPI é uma abordagem didática que possibilita aos estudantes a expressão de ideias, elaboração de hipóteses, a construção de modelos, resolução de problemas, manipulação de variáveis por meio do raciocínio hipotético-dedutivo, desenvolvendo neles a capacidade de explicar fenômenos por meio da observação e registo do processo de construção de significados. Desta forma, percebe-se que o desenvolvimento do Ensino por Investigação vai além de uma mera comparação com o ciclo da comunidade científica, pois torna possível ao estudante se aproximar da aprendizagem de forma consciente e crítica, levando em consideração os erros e buscando retificá-los ao longo de suas investigações.

O Ensino por Investigação pode propiciar a emergência da Alfabetização Científica. Esta última visa um processo contínuo de formação na sala de aula. Um dos principais objetivos desta articulação é buscar promover uma transformação da realidade por meio de uma nova visão de mundo dos estudantes diante da resolução de situações do seu dia a dia ou problemas sociocientíficos (SASSERON, 2015). Dessa forma, a cultura científica vai sendo introduzida e fornece meios para resolução de questões/problemas atreladas à ciência, sociedade, tecnologia e ao meio ambiente (SASSERON; CARVALHO, 2008; GIL-PÉREZ, et al, 2005).

O Ensino por Investigação precisa “fazer sentido” para os estudantes, ou seja, levando em consideração temáticas que eles consigam

associar ao conhecimento científico escolar às suas práticas cotidianas ou às tomadas de decisões futuras (SASSERON; MACHADO, 2017). A *National Research Council* (NRC) considera que abordagens de cunho investigativo são essenciais para a educação científica e – em documento divulgado sobre tais atividades – foi discutido e argumentado sobre características pertinentes ao Ensino por Investigação, como o papel do estudante, o tempo de execução das atividades e as limitações que poderiam surgir com tal prática no contexto escolar (BARROW, 2006).

Em 1997, no Brasil, os Parâmetros Nacionais Curriculares (PCN) trouxeram a valorização da construção de competências e habilidades pelos estudantes com características próprias do saber científico, como a investigação de temáticas propostas para a educação básica (BRASIL, 1997; ZÔMPERO; LABURÚ, 2011). Por exemplo, nas Orientações Curriculares Nacionais – PCN+ encontrar-se-á a proposta de:

[...] incentivar atividades de enriquecimento cultural; **desenvolver práticas investigativas**; elaborar e executar projetos para desenvolver conteúdos curriculares; utilizar novas metodologias, estratégias e materiais de apoio; desenvolver hábitos de colaboração e trabalho em equipe (BRASIL, 2002, p. 137, grifo nosso).

O documento orientador dos processos educacionais no Brasil, na contemporaneidade, é a BNCC (Base Nacional Comum Curricular), e no tocante à área de ciências da natureza direciona seus objetivos à formação de indivíduos que consigam articular os conhecimentos científicos e tecnológicos com as vivências próprias e adquiridas ao longo da vida. Dessa forma, a BNCC ratifica como sendo importante a construção de atividades baseadas em práticas investigativas (BRASIL, 2018).

Neste ponto, nota-se uma aproximação das propostas da BNCC com o Ensino por Investigação, pois se destaca a identificação de problemas, formulação de questões, identificação variáveis relevantes, proposição e testagem de hipóteses, elaboração de explicações, planejamento e realização de atividades experimentais, comunicação de conclusões e desenvolvimento de ações de intervenção, partindo da análise de dados e informações sobre as temáticas da área de ciências da natureza (BRASIL, 2018). Além disso, as atividades investigativas nas aulas de ciências podem auxiliar no desenvolvimento protagonista dos estudantes, para que ele possa elaborar, intervir e solucionar problemáticas do mundo real.

O EPI parte de problemas ou questões como pontos que orientam a aprendizagem - muitas vezes trabalha-se com problemas escolares – e a realização de atividades práticas e experimentações, sendo estas atreladas à busca de dados e informações, priorizando sempre a autonomia do aluno em todo o processo investigativo (CARVALHO, 2013).

Para tanto, este trabalho teve como objetivo identificar a emergência de indicadores de alfabetização científica pelos estudantes quando vivenciam uma sequência didática investigativa sobre a temática Nanotecnologia, em aulas de Química no 3º ano do ensino médio. Alguns elementos do EPI e sua relação com a Alfabetização Científica serão discutidos a seguir.

ASPECTOS INERENTES AO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

O termo “investigação” começou então a ser discutido de maneira sistemática com o *Project Synthesis* pela *National Science Foundation* (NSF), pois seu significado era dúvida e parecia confuso. A essa altura, o significado da investigação já trazia muitas discussões desde os anos

50, quando John Dewey afirmou que as abordagens educacionais deveriam aproximar os estudantes da sociedade. Ele acreditava que métodos científicos como a indução, lógica-matemática e dedução poderiam ser inseridos no contexto escolar por meio de um ensino por investigação (TRÓPIA, 2009; RODRIGUES; BORGES, 2020). Quando a ideia acerca do termo “investigação” foi apresentada como um conteúdo, como aprender sobre conteúdos de ciências, por exemplo, outra ideia era integralizar a investigação aos conteúdos de uma maneira estratégica, como uma forma de construir significados e promover um melhor aprendizado de ciências (SILVA, 2014; BARROW, 2006).

Depois desta época, muitas polêmicas sobre a investigação na educação foram sendo levantadas, embora todas elas apontassem para a confusão conceitual sobre o termo. A proposta do ensino por investigação como uma – até então, estratégia – ou abordagem didática foi sendo desenvolvida. Países como os Estados Unidos da América modificaram o documento do currículo de ciências para que o ensino começasse com perguntas, além de levar em consideração da construção do conhecimento como descoberta. Mas a definição e como a “investigação” iria ser definida ainda não estavam claros para os estudiosos.

Atualmente, o ensino por investigação possui bases epistemológicas mais consistentes no que diz respeito a uma abordagem didática. Segundo Sassenon e Carvalho (2008), a base para a promoção desta abordagem se dá pelo próprio fazer científico, respeitando as especificidades do contexto escolar, como introduzir discussões durante a construção dos conceitos até o processo de compartilhamento das ideias pelos estudantes, o que leva-se a entender que dos anos 50 até então o termo investigação foi sendo estruturado como uma estratégia de ensino (pos-

teriormente entendida como uma abordagem didática) e não como um conteúdo escolar.

Muitos desdobramentos sobre a nomenclatura foram sendo estudados e todos confluíam para o objeto da proposta, ou seja, da maneira como o Ensino por Investigações era encarado pelos teóricos da área de educação e ensino. São elas: Investigações Dirigida ou Aprendizagem como Investigações (GIL-PÉREZ; CASTRO, 1996); Ensino por Pesquisa (VASCONCELOS; PRAIA; ALMEIDA, 2003), Investigações Escolares (CAÑAL, 2000) e, a mais comum nos trabalhos publicados recentemente, Ensino por Investigações (AZEVEDO, 2004; MUNFORD; CASTRO; LIMA, 2007; SÁ, 2009; CARVALHO, 2018; SASSERON, 2015).

Segundo Carvalho (2018), o Ensino por Investigações é um ensino dos conteúdos programáticos em que o professor cria um ambiente que desperte no estudante a capacidade de pensar – levando em consideração os aspectos cognitivos; falar – destacando seus argumentos e conhecimentos construídos; ler – compreendendo criticamente o conteúdo que está sendo trabalhado no momento; e escrever – destacando as ideias expostas, buscando a autoria própria no processo investigativo. Por isso, o aprendizado vai muito além da reprodução e memorização de conhecimentos porque os estudantes precisam desenvolver a prática de falar, argumentar, ler e escrever sobre o que se está sendo investigado.

Nesse viés é muito comum encarar o Ensino por Investigações como, de fato, uma abordagem didática, uma vez que considera uma diversidade de estratégias de ensino dando margens para várias práticas pedagógicas. Um bom exemplo disso é a maneira como Scarpa, Sasseron e Silva (2017) destacam a pergunta norteadora. Segundo as autoras, é o ponto mais difícil na investigação científica, configurando-a já, neste ponto, como uma estratégia definida para iniciar o processo investigativo. Em

termos metodológicos, existe a importância de a pergunta ser sedutora e provocativa, instigando os estudantes para que venham sentir vontade de respondê-la e, consequentemente, construir conhecimento.

No tocante aos aspectos psicológicos e relativos a aprendizagem, Piaget defende que os sujeitos adquirem conhecimentos por meios de processos de equilíbrio, desequilíbrio e reequilíbrio. Esses processos corroboram com o que acreditam Carvalho e colaboradores (2019) quando afirmam que os conhecimentos devem ser adquiridos pelos indivíduos. Isto mostra a união dos conhecimentos prévios que eles já trazem com os ajustes feitos durante uma abordagem didática ou processo da aprendizagem.

Sem os conhecimentos prévios, não seria possível desequilibrar, para poder reequilibrar, logo, não ocorreria a aprendizagem de novas concepções. Por outro lado, Vygotsky propôs que a aprendizagem se dá por meio de práticas sociais, sendo assim, os indivíduos inseridos em ambientes sociais irão aprender novos conhecimentos por meio de interações entre si. Isso mostra uma peculiaridade no processo, uma vez que Dewey já falava sobre importância das experiências (conhecimentos) adquiridas na vida entrarem na pauta das discussões sobre o processo educacional (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011; CARVALHO, 2019; SANTA; BARONI, 2014).

Levando em consideração a interação proposta por Vygotsky, entendemos que tal prática reflete diretamente no contexto da sala de aula como um ambiente que vai além da transmissão de conteúdo, mas que exerce uma função dinâmica da prática educacional. Como ressalta Sedano e Carvalho (2017), o contexto de interação social na sala de aula aponta cenários que favorecem a aprendizagem proposta. Nesse sentido, o caráter investigativo do ensino permite a troca de ideias por

meio de um cenário que possibilite a interação estudante-estudante e estudante-professor.

Embora pareça fácil entender o que propunha Dewey e as questões relativas à Teoria Sociointeracionista de Vygotsky, é fácil confundir as propostas do Ensino por Investigação, pois alguns equívocos podem ocorrer, segundo Munford e Lima (2007), como a) a obrigatoriedade de atividades práticas ou experimentais; b) as discussões devem ser norteadas apenas por problemas abertos; e c) a aplicação do ensino por investigação em todo o conteúdo abordado.

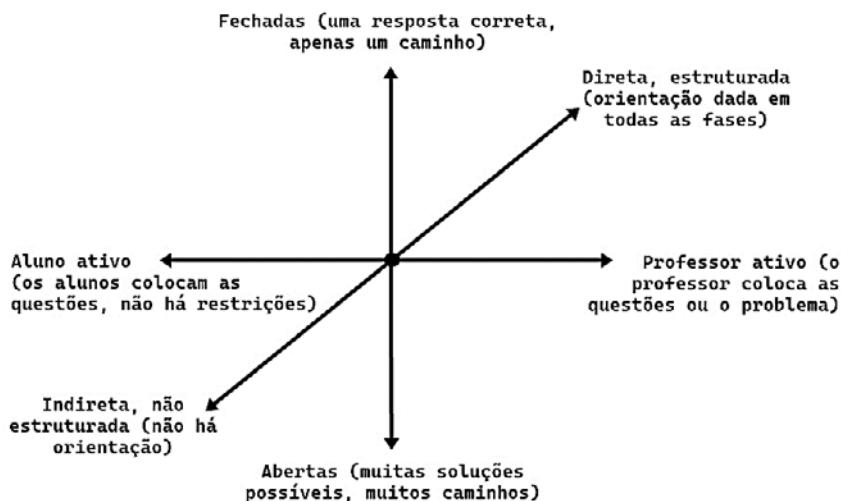
O que contribui para diminuir tais equívocos é como as atividades investigativas são estruturadas metodologicamente, e isso está diretamente relacionado à quais estratégias devem ser usadas, bem como o papel docente em todo processo, e o perfil dos estudantes submetidos às estratégias que compõem o Ensino por Investigação.

Para haver melhor compreensão da sistemática das atividades no Ensino por Investigação, Wellington (2000) destaca os graus de abertura das atividades investigativas, que envolvem os eixos cartesianos do papel do estudante, do professor e o tipo de atividade proposta. De antemão, é importante salientar que o fato de os estudantes não planejarem todas as experiências e atividades no processo investigativo, não anula a característica investigativa da atividade. Dependendo das etapas, o professor pode assumir um nível menos passivo, que está diretamente relacionado com a amplitude da investigação e da maturidade dos estudantes nesses processos. Tais características podem ser percebidas na figura 01.

A forma como estes três fatores são combinados (figura 1) determinam a natureza da abordagem investigativa. Algumas abordagens investigativas foram analisadas por Bell e colaboradores (2005) e apontam para uma diversidade de formas, que vai desde o acordo com a

quantidade de informações que são fornecidas pelo professor até a realização da atividade. Esses níveis investigativos (ou de abertura) foram primeiramente propostos por Schwab em 1962 e, posteriormente, revisados por Herron em 1971, e Rezba, Auldrige e Rhe em 1999 (BELL et al, 2005). Atualmente, o modelo mais amplamente difundido contém quatro níveis de abertura e esses níveis expressam qual a quantidade de informações poderá ser fornecida aos estudantes (BELL et al, 2005), conforme o quadro 01.

Figura 01. Níveis de abertura, quanto ao papel do aluno, professor e natureza das atividades.



Fontes: Elaborado pelos Autores (2020). Baseado em Wellington (2000).

Quadro 01. Níveis investigativos das atividades no Ensino por Investigação.

Nível	Questão?	Método?	Solução?
Confirmação			
Estruturada			
Guiada			
Aberta			

Fonte: Elaborado pelos autores (2022). Baseado em Bell, Smenanta e Binss (2005).

As marcações em X indicam que existe a interferência do professor no processo investigativo, ou seja, indicam as categorias em que o estudante atua de forma mais ativa ou mais passiva. Dessa forma, se estabelece o nível do estudante dentro da abordagem investigativa, que leva em consideração não só o nível da turma, mas a experiência com esse tipo de abordagem (BELL; SMENANTA; BINSS; 2005).

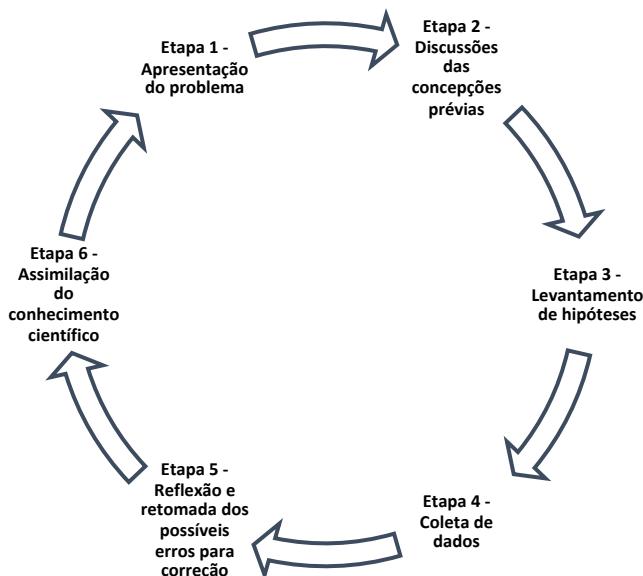
O nível “Confirmação” configura-se como o mais simples, onde o professor expõe a questão norteadora, propõe o método e ilustra sua solução, fazendo com que o estudante busque o caminho até essa solução que já é conhecida. O nível “Estruturada” não explicita a solução, dando possibilidade de o problema apresentar, possivelmente, mais de uma solução, como um grau de abertura mais amplo, como mostra o eixo vertical da figura 1 proposta por Wellington (2000). Isso converge com Munford e Lima (2007) – já supracitados – quando orientam que apenas um problema aberto deve ser considerado.

No nível “Guiada”, o estudante tem apenas a questão ou problema não apenas como ponto introdutório, mas como única possibilidade de começar a investigação. Nesse caso, o estudante não conhece o método, sugerindo-lhe maiores oportunidades de elaborar hipóteses e testá-las (SASSERON, 2015; PÉREZ, 1993; CARVALHO, 2018). Por fim, o nível

“Aberta” cobrará do estudante uma maior maturidade para lidar com problemas investigativos, pois será necessário que ele seja um conhecedor de determinada temática para que seja capaz de elaborar uma questão ou um problema e buscar resolvê-la.

Para Cardoso e Scarpa (2018), a abordagem investigativa pode acontecer em 6 etapas, como mostra a figura 02.

Figura 02. Etapas metodológicas no desenvolvimento da abordagem investigativa.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022). Baseado em Cardoso e Scarpa (2018).

Embora esteja separado por etapas, o esquema na figura 2 é cíclico, pois se entende que a assimilação do conhecimento científico retoma ao problema norteador uma vez que esse precisa ser discutido após todo o processo investigativo. Na primeira etapa, o professor apresenta o pro-

blema que será trabalhado na atividade investigativa, que deve ter uma aproximação real do contexto de vida dos estudantes da turma.

Na segunda etapa, o professor media uma discussão inicial socializando as concepções prévias dos alunos participantes, que pode acontecer por meio de vários instrumentos pedagógicos. Esta etapa talvez seja mais demorada de todo o processo, uma vez que o professor precisa utilizar o máximo de recursos didáticos combinados com múltiplas estratégias de ensino, como jogos didáticos, vídeos, debates, textos etc.

A terceira etapa se configura no processo de levantamento de hipóteses, que necessitam estar bem justificadas com argumentos, e, podem mudar durante o processo (CARDOSO; SCARPA, 2018; CARLSON et al, 2003), ou seja, é onde os primeiros erros podem ser percebidos. Na quarta etapa, os estudantes vão descrever, criticar, analisar, avaliar, discutir e questionar a investigação feita, sendo possível a checagem de erros, assim os erros poderão refutados pelos próprios estudantes, a fim de que o conhecimento vá sendo maturado. Por último, a quinta etapa ocorre a síntese de todos os processos, e é nesta etapa que os conhecimentos serão assimilados e solidificados por parte dos estudantes (CARDOSO; SCARPA, 2018; CARLSON et al, 2003).

Referindo-se ao perfil do professor em todo o processo, Carvalho (2004) ressalta que o docente não apresente uma visão de ciência como um produto final (pronto e acabado), mas que considere o processo constante de construção e aprimoramento desta [o que dá margem para o processo da Alfabetização Científica, posteriormente comentada]. Wartha e Lemos (2016) mostram que o professor pode aprimorar sua prática pedagógica de modo a mobilizar os estudantes a aprender ciências não como os cientistas fazem nos laboratórios, mas que despertem nos estudantes a curiosidade, a dúvida, a argumentação e capacidade de

explicar e compartilhar suas ideias, sendo essas características do Ensino por Investigação.

No tocante aos estudantes, eles precisam: pesquisar, planejar e executar a atividade; discutir explicações; tomar de decisões e executar ações para a resolução do problema (CARDOSO; SCARPA, 2018; CLEOPHAS, 2016). Essas ações precisam gerar nos alunos um sentimento de criticidade, atribuindo-lhes uma conduta científica, fazendo com que sejam capazes de refletir acerca dos fenômenos, ouvir, trocar ideias com seus colegas, argumentar, desenvolver habilidades manuais e emocionais.

Para Newman e colaboradores (2004), quando os estudantes estão engajados em atividades investigativas, eles podem descrever objetos usando de evidências, lógica e imaginação para buscar explicar sobre o mundo natural. É importante que as atividades com a mediação do professor propiciem o vínculo e a responsabilidade de deixar o estudante ativo em todo percurso investigativo.

Alguns cuidados precisam ser tomados pelo professor, como a relação dos conhecimentos prévios dos estudantes com os novos conhecimentos, a adequação da estrutura da atividade proposta e seu alcance e a promoção da responsabilidade, despertando no estudante sua autoestima e autoconceito em todas as etapas propostas. Deste modo, o estudante pode torna-se protagonista em todo o percurso metodológico e reconhecer o seu papel, que é de formular hipóteses, realizar atividades de campo e experimentais, resolver problemas e comunicar resultados ampliando o que Delizoicov e Angotti (1990) chamam de repertório cognitivo (SOLINO; SASSERON, 2013; ZABALA, 1998). Nesse sentido, o estudante não só participa do seu processo de aprendizado, mas entende que ele é necessário e se sente responsável por isso. Em síntese,

para Azevedo (2004) os estudantes precisam ser levados a pensar, refletir, debater e tentar justificar suas ideias e seus conhecimentos construídos em situações novas.

A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA COMO UM PROCESSO CONTÍNUO

Tendo em vista existir mais de uma nomenclatura para referir-se ao termo Alfabetização Científica, convém indicar que no Brasil, talvez pelo processo de tradução, o termo *Letramento Científico* é adotado por Santos e Mortimer (2001), já o termo *Alfabetização Científica* é usado por Auler e Delizoicov (2001) e Chassot (2000), sendo encontrado ainda o termo *Enculturação Científica*, utilizados, por exemplo, por Carvalho e Tinoco (2006).

Como os objetivos acerca da promoção do conhecimento científico, e o desenvolvimento de habilidades e capacidades durante o ensino das ciências, voltados para a educação científica podem guardar algumas aproximações e divergências com relação aos autores supracitados, então, nesse trabalho será usado o termo “Alfabetização Científica” pelos mesmos motivos apresentados por Sasseron e Carvalho (2011), como:

[...] para designar ideias que temos em mente e que objetivamos ao planejar um ensino que permita aos alunos interagir com uma nova cultura, com uma nova forma de ver o mundo e seus acontecimentos, podendo modificá-los e a si próprio através da prática consciente propiciada por sua interação cercada de saberes de noções e conhecimentos científicos, bem como das habilidades associadas ao fazer científico (SASSERON e CARVALHO, p. 61, 2011).

Considerando a emergência da alfabetização científica como um processo contínuo vivenciado no ensino de ciências e ao longo da vida, o quadro 02 mostra algumas das características de uma pessoa considerada alfabetizada cientificamente.

Quadro 02. Perfis atribuídos ao sujeito alfabetizado cientificamente.

Autores	Atribuições ou perfil de um sujeito alfabetizado cientificamente
Pella e colaboradores (1966) APUD Sasseron (2008).	Conhecimento das relações entre ciência e tecnologia; Saber sobre a ética que permeia a vida do cientista; Conhecer a natureza da ciência; Saber diferenciar ciência da tecnologia; Conhecer os conhecimentos elementares/básicos da ciência; Perceber as relações entre as ciências e os parâmetros da humanidade.
Hazen e Trefil (1971) APUD Sasseron (2008).	Não é necessário que o indivíduo saiba realizar uma pesquisa científica, mas deve saber os conhecimentos adquiridos dos resultados dos cientistas, encontrando, assim, um sentido real para a vida e sociedade; Não é aquele que toma conhecimento apenas dos fatos, conceitos e teorias, mas também comprehende os processos históricos e filosóficos das ciências.

Fonte: SASSERON (2008); CARVALHO; SASSERON, (2011).

Diante disso, quando se pensa no desenvolvimento da Alfabetização Científica por meio do Ensino por Investigação, entende-se que esta abordagem pode proporcionar ao estudante um ambiente investigativo, que parte de discussões e resolução de problemas (SASSERON, 2015). Entrecruzando de forma consciente as duas propostas, é possível que o professor promova situações que oportunize os estudantes a elaborarem hipóteses, estratégias de resolução de problemas reais, coleta, registro e avaliação dos dados, checagem e correção de erros, e comunicação dos resultados e sistematização do conhecimento nos grupos de trabalho em sala de aula. Essa prática conduz o estudante a se apropriar de forma

mais significativa dos conhecimentos científicos, tornando-o mais autônomo e crítico (SASSERON, 2015; BRASIL, 2018).

Tratando-se, especificamente, de ciência como componente curricular, Sasseron (2015) destaca construções metodológicas que desenvolvam as práticas para soluções de problemas com o intuito de tornar o estudante um cidadão ativo na sociedade em que está inserido (KRASILCHIK; MARANDINO, 2004). Dessa forma, entende-se que as atividades investigativas baseadas no ensino por investigação podem promover a alfabetização científica do sujeito.

Autores como Miller (1983) e Shamos (1995) são citados por Laugksch (2000) e sugerem que, por causa de sua complexidade conceitual, a alfabetização científica pode ser melhor analisada, estudada e desenvolvida mediante três subcategorias, eixos ou dimensões, segundo o quadro 03.

Quadro 03. Perfis atribuídos ao sujeito alfabetizado cientificamente.

<p>Eixo 1 – O entendimento da natureza da ciência - Refere-se à possibilidade de se trabalhar a construção de conhecimentos científicos necessários com a possibilidade de aplicação em situações diversas e de modo apropriado no dia a dia;</p>
<p>Eixo 2 – A compressão dos termos e conceitos-chave das ciências - Refere-se as investigações científicas que são realizadas e na maneira como a ciência se articula para subsidiar problemas do dia a dia. Assim, o conjunto de informações da própria ciência exigem certa reflexão e análises antes de toda tomada de qualquer decisão de cunho científico;</p>
<p>Eixo 3 – O entendimento dos impactos das ciências e suas tecnologias - Está relacionado com as consequências do uso da ciência e da compreensão de seus termos. A maneira como a sociedade e o meio ambiente são impactos pela dinâmica das ferramentas tecnológicas com subsídio da ciência.</p>

Fonte: SASSERON e CARVALHO (2011); LAUGKSCH (2000).

Sasseron e Carvalho (2011) e Machado (2017) apresentam alguns indicadores que podem ser apropriados pelos indivíduos quando estão

em processo de alfabetização científica, como os denominados de A1 a 14 explicitados no quadro 04 a seguir.

Quadro 04. Indicadores apresentados pelos indivíduos alfabetizados científica e tecnologicamente.

Indicadores	Descrição dos Indicadores
A1	Utilização de conceitos científicos para integrar valores e saber tomar decisões responsáveis no dia-a-dia.
A2	Compreensão de que a sociedade exerce controle sobre as ciências e as tecnologias, bem como as ciências e as tecnologias refletem a sociedade.
A3	Compreensão de que a sociedade exerce controle sobre as ciências e as tecnologias por meio do viés das subvenções que a elas concede.
A4	Reconhecimento dos limites da utilidade das ciências e das tecnologias para o progresso do bem-estar humano.
A5	Conhecimento dos principais conceitos, hipóteses e teorias científicas e capacidade de aplicá-los.
A6	Apreciação das ciências e das tecnologias pela estimulação intelectual que elas suscitam.
A7	Compreensão que a produção dos saberes científicos depende, ao mesmo tempo, de processos de pesquisas e de conceitos teóricos.
A8	Realização da distinção entre os resultados científicos e a opinião pessoal.
A9	Reconhecimento à origem da ciência e compreender que o saber científico é provisório, e sujeito a mudanças a depender do acúmulo de resultados.
A10	Compreensão das aplicações das tecnologias e as decisões implicadas nestas utilizações.
A11	Dispor de saber e experiência para apreciar o valor da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico.
A12	Extração da formação científica uma visão de mundo mais rica e interessante.
A13	Conhecimento das fontes válidas de informação científica e tecnológica e recorrência a elas quando diante de situações de tomada de decisões.
A14	Compreensão da maneira como as ciências e as tecnologias foram produzidas ao longo da história.

Fonte: Elaborado pelos 2022 (baseado em SASSERON; CARVALHO, 2011).

Estes indicadores podem ser adotados como categorias que auxiliam na análise e na inferência da emergência da alfabetização científica nos processos que envolveram o Ensino por Investigação.

É possível, ainda, que a alfabetização científica esteja atrelada a três subcategorias: cultural, funcional e verdadeira (SASSERON, 2008; CARVALHO; SASSERON, 2011). A atividade científica “cultural” refere-se às peculiaridades que relacionam as construções do processo de alfabetização no que diz respeito a sociedade; já a subcategoria “funcional”, acontece quando a pessoa utiliza dos conhecimentos da ciência para se expressar prever novos significados da aplicação da ciência na sociedade; a extensão “verdadeira” ocorre quando o indivíduo procura compreender a investigação científica, adquirindo apreço pela natureza da ciência e seus processos (MILLER, 1983; SHAMOS, 1995 apud SASSERON, 2008).

Por conseguinte, para discorrer sobre o entendimento de uma pessoa ser alfabetizada cientificamente, Lemke (2006) explora uma maneira de identificar como é possível exercer a educação científica nos diferentes níveis de ensino de forma mais prazerosa. Para o ensino médio, por exemplo, as atividades devem proporcionar um caminho potencial para as carreiras científicas e tecnológicas – mais uma vez salienta-se que as atividades potencializam o aprendizado no caminho, propagando a visão científica do mundo, que é de interesse de qualquer cidadão para ajudar a desenvolver habilidades de raciocínio lógico e o uso de múltiplas representações (LENKE, 2006).

As múltiplas representações de Lemke (2006) significam que o ensino de ciências para a formação do sujeito alfabetizado cientificamente não está ligado, apenas, à formação de cientistas num futuro próximo, mas sim que ajudem os estudantes a tomar decisões pessoais e políticas

dentro de situações de uso da tecnologia. Este autor ainda ressalta que quando tais habilidades não ficam claras e não são desenvolvidas pelo sujeito, formam-se adultos não escolarizados e, portanto, não alfabetizados cientificamente.

Sendo assim, é possível enxergar, de fato, uma possível relação da Alfabetização Científica com o Ensino por Investigação. Sasseron e Carvalho (2008) enfatizam que o espírito questionador por parte dos estudantes possibilita a construção de conhecimentos científicos. Quando se faz uso de atividades diversificadas, a alfabetização científica vai sendo instalada e fornece subsídios para questões atreladas à ciência, sociedade, tecnologia e meio ambiente (SASSERON; CARVALHO, 2008; GIL-PÉREZ, et al, 2005). Cachapuz (2005) indica a importância que um processo investigativo traz, pois oportuniza a amplitude metodológica que o professor pode exercer.

Dessa forma, pode-se compreender a importância do ambiente usado para o processo de ensino e aprendizagem, como Carvalho (2013) afirma: “uma atividade investigativa não pode ser reduzida a uma mera observação ou manipulação de dados – ela deve levar o sujeito a refletir, a discutir, a explicar e relatar seu trabalho aos colegas”.

Nesse sentido, mesmo que o estudante assuma a responsabilidade nas etapas de busca para a construção dos conceitos a serem aprendidos, o professor precisa criar cenários que provoquem os estudante durante o processo, desde a elaboração de problemas, levantamento de questionamentos até a etapa que culmine com a resolução do problema e divulgação para a turma, tornando-o, no processo de modo gradativo sujeitos alfabetizados cientificamente.

PROCESSO METODOLÓGICO

No ensino de ciências, as Sequências Didáticas são ferramentas significativas adotadas no desenvolvimento de pesquisas e de práticas de ensino estruturadas. Elas se configuram como atividades ordenadas, articuladas às dimensões epistêmicas e pedagógicas, que possibilitam a utilização de diversas estratégias de ensino (ZABALA; 1998; MÉHEUT, 2005). Quando elaboradas com base no Ensino por Investigação, as sequências propiciam atividades que auxiliam na resolução de problemas, viando a apropriação do conhecimento e o desenvolvimento de habilidades de investigação pelos estudantes (STAVROU et al, 2018; VIDRIK et al, 2020).

Delimitação da Temática da Sequência Didática Investigativa

As temáticas de cunho social e científico quando introduzidas no ensino visam atribuir sentido e significado no processo de aprendizagem dos estudantes, por estarem relacionadas de forma direta ou indireta às diversas áreas de seu dia-a-dia. Por meio delas é possível debater os impactos da ciência sobre a tecnologia, o meio ambiente e a sociedade na qual os indivíduos estão inseridos e vice-versa (BORBOLETTTO; CARVALHO, 2009).

Para Nunes-Neto e Conrado (2018), as temáticas com impacto social e científico podem ser abordadas no ensino por meio de questões, problemas, cenários ou situações contextualizadas que sejam de interesse dos estudantes durante a aprendizagem de diversos tipos de conceitos e conteúdos. Na resolução de problemas delimitados destas temáticas faz-se necessário “[...] a mobilização do conhecimento científico escolar, de valores, habilidades, atitudes e admitem mais de um ponto de vista acerca de sua compreensão” (SILVA; BARBOSA; BATINGA, 2021, p. 1).

A temática da Nanotecnologia se mostra relevante para discussões de vários conceitos da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Em aulas de química, por exemplo, alguns autores propõem utilizar o tema nanotecnologia para discutir conceitos importantes de química, como: interações intermoleculares (CASTRO et al, 2019); reações químicas e reações de oxirredução (REBELLO et al, 2012; SAMPAIO, 2017); ligações químicas e materiais em escalas nanométricas (BARREIROS, 2018); química de materiais (MARCONE, 2015).

Adotando os pressupostos do Ensino por Investigação, a temática Nanotecnologia foi utilizada como ponto de partida para o desenvolvimento de uma sequência didática investigativa (SDI), que visou proporcionar a emergência de indicadores de alfabetização científica.

Construção da Sequência Didática Investigativa

A SDI sobre o tema Nanotecnologia envolveu a discussão de conhecimentos científicos e tecnológicos, em aulas de Química do 3º ano do Ensino Médio. Nesse contexto, alguns conceitos de química foram abordados, como: composição da matéria, ligações químicas, interações intermoleculares, polaridade das moléculas e materiais, processos reduktivos e oxidativos e aspectos da química ambiental. O público alvo da pesquisa envolveu uma turma do curso técnico integrado ao médio de Desenvolvimento de Sistemas de uma Escola Técnica Estadual de Pernambuco, localizada no Cabo de Santo Agostinho, Região Metropolitana de Pernambuco, no ano de 2021. O tema foi delimitado com base na realidade dos estudantes e de seus interesses identificados previamente, e da área do curso.

Como ainda estávamos em momento de Pandemia foram consideradas as orientações de segurança e saúde pública vigente para conter a

disseminação da COVID-19, conforme documentos oficiais do Ministério da Saúde no Brasil.

A elaboração e desenvolvimento da sequência de ensino investigativa foram embasados em etapas do Ensino por investigação, segundo Cardoso e Scarpa (2018), (Figura 2).

Foi previsto para a SDI um total de cinco aulas, sendo três de 50 minutos cada e duas de 100 minutos cada, usando como atividades didáticas: resolução de problemas de química, leitura interpretativa e debate de textos de divulgação científica, aula expositiva dialogada com auxílio de slides e experimentação investigativa com apresentação de imagens capturadas em um equipamento químico. Os detalhes das etapas da sequência didática investigativa estão descritos no produto educacional publicado na plataforma *EDUCAPES* no ano de 2022². As atividades e recursos didáticos na SDI foram utilizados como instrumentos de coleta de dados de pesquisa e para a vivência do EPI no espaço escolar.

Especificamente, neste capítulo, serão apresentados o enunciado e a discussão da análise dos resultados (inicial e final) da resolução de dois problemas (P1 e P2) orientadores da SDI. Entretanto, todo o processo investigativo vivenciado pelos estudantes ao longo da sequência contribuiu para os resultados obtidos na etapa de aplicação final dos problemas propostos. Como recomendado na abordagem de Ensino por Investigação, os problemas orientadores precisam ser apresentados no inicio e retomados durante e no final do processo investigativo, visando sua resolução de acordo com os dados, reflexões emergentes e apropriação do conhecimento pelos estudantes em cada atividade realizada na SDI.

² Produto Educacional *EDUCAPES: SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA SOBRE NANOTECNOLOGIA E NANOCIÊNCIA: Uma proposta para aulas de química do ensino médio*. SILVA, R. F.; BATINGA, V. T. S.; BARROS, I. C. L. Disponível em: <http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/716477>. Acesso em: 15 nov. 2022.

Elaboração dos Problemas norteadores da Sequência Didática Investigativa

Foram elaborados os enunciados de dois problemas que visam a discussão da tecnologia considerando o curso técnico vivenciado pelos participantes, envolvendo a temática Nanotecnologia aplicada ao desenvolvimento, utilização e descarte de aparelhos eletrônicos. Os problemas são explicitados a seguir:

Problema 1:

Com o passar do tempo e a evolução da tecnologia, os aparelhos tecnológicos têm apresentado tamanhos cada vez menores, por exemplo, os que são encontrados em celulares, computadores, *smart TVs*, geladeiras, inteligências artificiais etc. Como você entende e explica essa necessidade, e como isto tem impactado no cotidiano da população e no meio ambiente? Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Problema 2:

A sociedade moderna tem apresentado uma grande dependência de materiais tecnológicos, com isto a utilização, descarte e produção desses produtos se tornam mais rápida, e a demanda por matéria prima e produção de resíduos está a cada dia mais elevada. Você considera que este ciclo é autossuficiente? Quais seriam as estratégias que poderiam ser utilizadas para aperfeiçoar estes processos? Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

O primeiro problema remete à diminuição no tamanho dos equipamentos eletrônicos, e os impactos relacionados à sociedade e ao meio ambiente pela maior produção de lixo eletrônico. O segundo problema

é relativo à elevada dependência, e consequentemente, uma maior demanda por aparatos tecnológicos relacionando a um aumento de sua produção (maior uso de matérias-primas), e ao seu descarte.

Os enunciados dos problemas foram construídos privilegiando um enfoque aberto e qualitativo, objetivando instigar os estudantes a responderem de maneira ampla, buscando relacionar vários conhecimentos (NUNES-NETO; CONRADO, 2018; SASSERON; CARVALHO, 2011). Os problemas não citam diretamente a temática, porém requerem um olhar crítico sobre a dimensão dos equipamentos tecnológicos produzidos e como isso interfere no ciclo processual e como se associa à nanotecnologia.

Aplicação Inicial dos Problemas:

Na 1^a aula da SDI os problemas foram apresentados como instrumento para identificar as concepções prévias dos estudantes. Como definem Gondim e Mendes (2007), os estudos que pesquisam as concepções dos alunos identificam duas características importantes: a aprendizagem ocorre por meio do envolvimento do aluno no processo de construção de conhecimento; e as ideias prévias que os alunos trazem consigo desempenham um papel crucial no processo de ensino e aprendizagem. No EPI, a consideração e retomada das concepções prévias é muito importante, pois permite o desenvolvimento das primeiras hipóteses relativas à resolução dos problemas (SASSERON; MACHADO, 2017).

Os estudantes foram organizados em grupos de no máximo seis integrantes para que as discussões fossem incentivadas, e que todos conseguissem participar ativamente, e discutir entre si e registrar as primeiras hipóteses para resolver os problemas apresentados. Em seguida cada grupo apresentou sua proposta de resolução inicial para a turma. Este

momento se refere à terceira etapa do desenvolvimento do ensino por investigação de acordo com Cardoso e Scarpa (2018). Posteriormente, os estudantes tiveram a oportunidade de refletir sobre as hipóteses elaboradas no decorrer de outras atividades da sequência.

Aplicação Final dos Problemas:

Na quinta aula da SDI houve a retomada dos problemas pelos estudantes para a proposição de nova resolução. Nesse momento eles tiveram a oportunidade de elaborar, refletir e reconstruir novos argumentos com base em todas as atividades realizadas na sequência. Esta aula corresponde à etapa 05 do desenvolvimento do ensino por investigação, segundo Cardoso e Scarpa (2018).

Por fim, todos os grupos apresentaram as respostas finais aos problemas e os procedimentos adotados para a resolução, discutindo sobre as limitações e possibilidades deste processo, com a mediação da professora na sistematização dos conhecimentos aprendidos. Esse momento corresponde à etapa 06 do EPI, em que os estudantes realizam a comunicação e divulgação do processo de resolução dos problemas e interagem com seus pares (CARDOSO e SCARPA, 2018).

Categorias para a Análise dos Dados

As respostas dos estudantes a atividade de resolução de problemas presente na Sequência Didática Investigativa foram analisadas por meio de categorias delimitadas, *a priori*, a partir do referencial teórico da pesquisa, a saber: pressupostos e indicadores de alfabetização científica (AC) baseados nas autoras Sasseron e Carvalho (2011) e Machado (2017). Os indicadores denominados de A1 a A14 são apresentados no quadro 04.

Quadro 04. Indicadores apresentados pelos indivíduos alfabetizados científica e tecnologicamente.

Indicadores	Descrição dos Indicadores
A1	Utilização de conceitos científicos para integrar valores e saber tomar decisões responsáveis no dia-a-dia.
A2	Compreensão de que a sociedade exerce controle sobre as ciências e as tecnologias, bem como as ciências e as tecnologias refletem a sociedade.
A3	Compreensão de que a sociedade exerce controle sobre as ciências e as tecnologias por meio do viés das subvenções que a elas concede.
A4	Reconhecimento dos limites da utilidade das ciências e das tecnologias para o progresso do bem-estar humano.
A5	Conhecimento dos principais conceitos, hipóteses e teorias científicas e capacidade de aplicá-los.
A6	Apreciação das ciências e das tecnologias pela estimulação intelectual que elas suscitam.
A7	Compreensão que a produção dos saberes científicos depende, ao mesmo tempo, de processos de pesquisas e de conceitos teóricos.
A8	Realização da distinção entre os resultados científicos e a opinião pessoal.
A9	Reconhecimento a origem da ciência e compreender que o saber científico é provisório, e sujeito a mudanças a depender do acúmulo de resultados.
A10	Compreensão das aplicações das tecnologias e as decisões implicadas nestas utilizações.
A11	Dispor de saber e experiência para apreciar o valor da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico.
A12	Extração da formação científica uma visão de mundo mais rica e interessante.
A13	Conhecimento das fontes válidas de informação científica e tecnológica e recorrência a elas quando diante de situações de tomada de decisões.
A14	Compreensão da maneira como as ciências e as tecnologias foram produzidas ao longo da história.

Fonte: Elaborado pelos autores (2022) com base em (SASSERON e CARVALHO, 2011).

Essas categorias auxiliaram no processo de análise a fim de identificar a emergência de indicadores de alfabetização científica nas respostas dos estudantes as atividades e problemas propostos na SDI sobre Nanotecnologia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Indicadores da Alfabetização Científica que emergiram nas respostas iniciais dos estudantes aos Problemas

O quadro 05 exibe a transcrição literal das respostas e os indicadores de AC que emergiram da análise das respostas iniciais dos sete grupos de estudantes aos dois problemas propostos. A análise dos indicadores se baseou em Sasseron e Carvalho (2011).

Quadro 05. Análise das respostas iniciais aos problemas P1 e P2 pelos grupos

G1	<p>Resposta ao P1: Com o avanço da tecnologia, a população se torna cada vez mais ligada a estas questões tecnológicas, assim os criadores tendem a deixar esses produtos cada vez próximo da população, diminuir os aparelhos facilita sua utilização, sua locomoção e até seu descarte, isso aumenta cada vez mais o consumo desses produtos, faz com que as pessoas se sintam mais próximas de questões globais, apenas com um aparelho em mãos.</p>	<p>Resposta ao P2: Não. Para melhorar isto é preciso prestar conhecimento de descarte para as pessoas, além de aumentar a quantidade de pontos de coleta.</p>
G2	<p>Indicadores de Alfabetização Científica: A2, A3: Na compreensão de que o avanço tecnológico influencia na sociedade e que a sociedade influencia as questões tecnológicas. A14: Compreensão do desenvolvimento da ciência e tecnologia ao longo dos anos</p>	<p>Indicadores de Alfabetização Científica: A1, A6: Concepção que o conhecimento científico é importante para tomada de decisões adequadas dentro da sociedade.</p>
	<p>Resposta ao P1: É perceptível que quanto menor os objetos usados no nosso cotidiano contribuímos assim com o processo de descarte e utilização.</p>	<p>Resposta ao P2: Dependente do caso da tecnologia do material, pode ser reutilizável ou não. Já uma solução para isso seria o aumento do tempo de vida de um aparelho, por exemplo, ou tornar os componentes de tal aparelho reutilizáveis.</p>
G3	<p>Indicador de Alfabetização Científica: A10: Por meio da ciência de que é necessário pensar a tecnologia em todos os seus aspectos, desde a produção, utilização e descarte.</p>	<p>Indicadores de Alfabetização Científica: A12: Compreender as realidades científicas e tecnológicas e avaliar o mundo material. A1: Tomada de decisão baseada nas concepções de ciência e tecnologia prévias.</p>
	<p>Resposta ao P1: No decorrer do tempo as empresas foram desenvolvendo novos tipos de tecnologias que ocupam menos espaços nos eletrônicos, e assim, acaba gerando uma maior procura das atualizações de tais aparelhos, e ocasiona, automaticamente, um maior número de descarte irresponsável.</p>	<p>Resposta ao P2: Não, pois tal ciclo exige dos recursos naturais, que se encontram cada vez mais escassos, para isso poderia se usar materiais utilizados em outras produções, diminuindo gradativamente a sobre-carga em cima das matérias primas. Reciclagem é a solução mais viável.</p>
	<p>Indicadores de Alfabetização Científica: A2, A3 e A14: Entendimento de como as tecnologias se desenvolveram ao passar do tempo, e como refletiu na atitude social. A10: Compreensão de como a aplicação e utilização das tecnologias impactam.</p>	<p>Indicadores de Alfabetização Científica: A1 e A6: Implicações da ciência e tecnologia na tomada de decisões mais adequadas na resolução de problemáticas do cotidiano. A10: Relacionando a utilização exacerbada de matérias primas com impactos ambientais.</p>

G4	<p>Resposta ao P1: Como os aparelhos eletrônicos de menor porte facilita a locomoção devido a sua menor espessura, beneficia os usuários. Como os aparelhos eletrônicos emitem (mais) radiação dos fabricados em menor porte, pode reduzir o alcance dele.</p>	<p>Resposta ao P2: Sim. Com o descarte correto as empresas podem reutilizar o material descartado cooperando com o processo de reprodução ambiental, acelerando o ciclo de produção.</p>
	<p>Indicador de Alfabetização Científica: A2: Observação da relação necessidade social-produção tecnológica.</p>	<p>Indicador de Alfabetização Científica: A1: Entendimento de que é necessária atuar de forma adequada à sociedade.</p>
G5	<p>Resposta ao P1: Quanto mais a tecnologia avança, menores os aparelhos se tornaram para assim melhor portabilidade dos usuários. Com a diminuição dos aparelhos o transporte poderá ser feito com maiores demandas e menos viagens, reduzindo a emissão de gases poluentes.</p>	<p>Resposta ao P2: Não. Tem lugares específicos para melhor reciclagem desses materiais eletrônicos.</p>
	<p>Indicadores de Alfabetização Científica: A2 e A3: Insere-se uma relação direta entre ciência, tecnologia e sociedade e suas interrelações.</p>	<p>Indicador de Alfabetização Científica: A13: Conhecimento de fontes válidas de aplicação dos conhecimentos científicos para uma atitude social mais coerente.</p>
G6	<p>Resposta ao P1: Em relação ao avanço tecnológico, no que diz respeito ao impacto causado no cotidiano da população, os aparelhos eletrônicos ficaram mais acessíveis, rádio, livros, informações, tudo isso cabe no nosso bolso, porém, para o aumento da produção e da qualidade destes produtos, aparelhos como a bateria de utensílios eletrônicos liberam componentes prejudiciais.</p>	<p>Resposta ao P2: Não, esse ciclo não é autossuficiente, o motivo para isso se deve a suas falhas, primeiro que a demanda nunca irá diminuir, e só aumentar, cada dia mais a tecnologia vem sendo fonte de renda para população, porém, prejudicam o meio ambiente devido a isso, é de extrema importância pensarmos a respeito de itens reutilizáveis, para que os materiais não sejam descartados e assim diminuindo o aumento da demanda.</p>
	<p>Indicadores de Alfabetização Científica: A2 e A3: Compreensão de que os avanços tecnológicos impactam a sociedade e o meio ambiente e vice-versa. A4: Reconhecer que o desenvolvimento científico e tecnológico tem limitações e que é necessário entendê-las para um melhor trato. A10: Entendimento de que a tecnologia deve ser utilizada de maneira adequada, pois produz materiais nocivos à sociedade.</p>	<p>Indicadores de Alfabetização Científica: A1 e A6: Utilizar conhecimentos científicos para a tomada de decisões de forma mais coerente e mais interessante.</p>

G7	<p>Resposta ao P1: É necessário a compactação desses recursos, de modo que se tornem mais acessível às pessoas no dia-a-dia e, além disso, mais sustentáveis ao meio ambiente.</p>	<p>Resposta ao P2: Não. Porque a matéria usada é finita, sendo necessária a reciclagem do material para diminuir o descarte da tecnologia.</p>
	<p>Indicador de Alfabetização Científica: A10: Apreensão da aplicação da tecnologia e dos impactos relacionados às decisões tomadas por meio delas.</p>	<p>Indicadores de Alfabetização Científica: A4: Reconhecimento das limitações da ciência por meio da utilização de matérias finitas. A1: Compreensão da utilização a ciência para a tomada de decisões cotidianas.</p>

Fonte: Própria (2022).

De um modo geral, a partir da análise das respostas é possível perceber que os estudantes não apresentavam uma compreensão sobre a nanotecnologia ou nanomateriais, nanopartículas, etc., Isso é evidenciado considerando que as respostas vislumbram materiais de tamanhos pequenos, só que não em nanoscala. Como por exemplo, no trecho da resposta ao P1 do G7, que remete à necessidade da compactação dos materiais tecnológicos: “é necessário a compactação desses recursos, de modo que se tornem mais acessível às pessoas no dia-a-dia” (grifo nosso).

No trecho de resposta de G4 ao P1 percebe-se que o impacto mais relevante causado pela produção de materiais eletrônicos cada vez menores é a emissão de radiação: “Como os aparelhos eletrônicos emitem (mais) radiação dos fabricados em menor porte, pode reduzir o alcance dele” (grifo nosso). Entretanto, sabe-se que a quantidade de radiação emitida pelos materiais tecnológicos é irrelevante, sendo medida dentro dos níveis naturais de radiação. Quando esta passa a ser nociva, significa que o indivíduo se expôs a ela por um gigantesco período de tempo (BUONOCORE et al, 2019).

Pode-se inferir que os estudantes ainda têm a noção de que a produção de materiais cada vez menores vai aumentar a quantidade de lixo eletrônico, devido ao fato de essas partículas não serem tão degradáveis, ou mais contaminantes que partículas em escala macroscópica. Salienta-se que a utilização da nanotecnologia pode levar à produção de materiais que sejam mais biodegradáveis, porque eles apresentam uma superfície de contato maior, consequentemente, pode ser degradado mais facilmente, além da possibilidade de modificar as estruturas destes materiais para o desenvolvimento de propriedades menos degradantes ao meio-ambiente (SHRIVER; ATKINS, 2008; CASTRO et al, 2019; MARCONE, 2015).

Em geral para o P2, esteve pressente a concepção dos estudantes acerca do descarte adequado de lixo eletrônico, reciclagem e reuso de peças e equipamentos, diminuição na utilização de matérias-primas. Essa resposta inicial pode remeter a emergência de indicadores de AC (A2, A3 e A6) relacionados ao entendimento das implicações da ciência e tecnologia na sociedade e meio ambiente.

Relacionado à aplicação da ciência e da tecnologia, suas limitações, seus impactos na sociedade e suas possibilidades, os grupos G2, G3, G3 e G7 demonstraram uma compreensão de que é imprescindível observar a ciência e a tecnologia, quanto às suas aplicações, e que dependendo do uso, pode resultar em aspectos positivos ou negativos à sociedade. Isso é importante porque remete ao reuso, reciclagem e descarte consciente de materiais tecnológicos. Entretanto, nenhum dos grupos indicou a produção de materiais pequenos mais degradáveis, que reduzam o montante do lixo produzido.

Indicadores da Alfabetização Científica que emergiram nas respostas finais dos estudantes aos Problemas

No quadro 06 são apresentadas as respostas literais dos grupos de estudantes aos problemas. Com base na análise destas respostas foi possível perceber um aprofundamento na compreensão dos estudantes sobre aspectos relativos ao estudo da nanotecnologia, os impactos de seu uso na atualidade, limites e possibilidades no uso das tecnologias, a influência da ciência e tecnologia na sociedade e meio ambiente, e vice-versa. As interações entre estudantes-estudantes e estudantes-professor parecem também contribuir para indícios de alfabetização científica, durante a vivência da SDI sobre Nanotecnologia.

Quadro 06. Análise das respostas finais aos problemas P1 e P2 pelos grupos.

G1	Resposta ao P1: Após as últimas aulas assistidas e atividades realizadas, ficou explícita a necessidade e importância dos aparelhos tecnológicos em seu tamanho reduzido. Seu impacto, antes considerado quase que totalmente maléfico, agora é bem interessante. Este benefício vai além da facilidade de transportar – citado na atividade anterior – e entra no quesito do meio ambiente. A quantidade de lixo eletrônico é drasticamente diminuída, sua matéria prima é menos tóxica, entre outros.	Resposta ao P2: Talvez sim, talvez não! Não há uma resposta concreta sobre o assunto, pois a demanda é dependente da conscientização e educação da sociedade. Com os materiais cada vez menores, pode-se ser autossuficiente, contudo, sem o descarte adequado o meio ambiente continuará sofrendo.
	Indicadores de Alfabetização Científica: A1, A4, A6, A8, A10, A11	Indicadores de Alfabetização Científica: A1, A4, A6, A8, A10, A11

G2	<p>Resposta ao P1: Com a diminuição desses eletrônicos, podemos facilitar os deslocamentos junto a esses objetos e também acelerando seu processo de decomposição, pelo seu tamanho reduzido.</p>	<p>Resposta ao P2: O ciclo não é autossuficiente. Uma forma de torná-lo autosuficiente seria, por exemplo, tornar os materiais de produção mais ecológicos e recicláveis, facilitar o acesso ao lixíero eletrônico e, por fim, criar indústrias para reciclagem de materiais eletrônicos.</p>
	<p>Indicadores de Alfabetização Científica: A1, A4, A10</p>	<p>Indicadores de Alfabetização Científica: A1, A4, A10</p>
G3	<p>Resposta ao P1: A necessidade de termos coisas menores surge por sempre precisarmos de versáteis, móveis e ao mesmo tempo mais potentes. O impacto no meio pode vir "na" degradação mais rápida na natureza tanto pelo tamanho ou pelos materiais usados na produção. Já na população pode vir no consumismo, pois as empresas estão criando e lançando coisas novas e as pessoas sempre vão querer os equipamentos mais modernos.</p>	<p>Resposta ao P2: Não. A própria inovação, nanotecnologia, é uma ótima estratégia para otimizar esse processo pois quando os dispositivos diminuem o tamanho e aumentam a potência, automaticamente diminui os impactos ambientais que as tecnologias anteriores ocasionam.</p>
	<p>Indicadores de Alfabetização Científica: A1, A2, A3, A4, A6, A10</p>	<p>Indicadores de Alfabetização Científica: A1, A2, A3, A4, A6, A9, A10</p>
G4	<p>Resposta ao P1: Com a tecnologia ficando com o tamanho cada vez mais reduzido, auxilia na locomoção dos aparelhos, porém no mundo moderno, ocorre a obsolescência programada, que as empresas acabam produzindo aparelhos para pouca duração de tempo, que acaba impactando no meio ambiente, gerando um descarte excessivo de lixo eletrônico, pois não jogando corretamente causa danos.</p>	<p>Resposta ao P2: Sim. Pois os ciclos de produção se baseiam em produto, consumo e descarte. Porém, com os pontos de reciclagem, poderia reutilizar um material descartado, acelerando a produção, já que não começaria do zero.</p>
	<p>Indicadores de Alfabetização Científica: A1, A6, A9, A10, A14</p>	<p>Indicadores de Alfabetização Científica: A1, A6, A10, A12</p>

G5	<p>Resposta ao P1: A portabilidade dos usuários dessa tecnologia é melhorada e também com a diminuição do tamanho, o número de transportes de frete reduziu, evitando o aumento da emissão de gases poluentes que correm o meio ambiente.</p>	<p>Resposta ao P2: Não. A implementação de lixeiras com o objetivo específico de incentivar o descarte correto do lixo eletrônico, por exemplo.</p>
	<p>Indicadores de Alfabetização Científica: A1, A4, A6, A8, A10</p>	<p>Indicadores de Alfabetização Científica: A1, A4, A6, A10</p>
G6	<p>Resposta ao P1: Produtos menores gerados de maneira mais rápida, e tornando mais possível o transporte dos produtos.</p>	<p>Resposta ao P2: Sim, em certas situações específicas se torna autossuficiente, logo como são em escala nanométrica até mesmo o tempo de degradação é mais curto. O problema é a radiação dessa tecnologia que é emitida, basta criar novos meios de contornar a radiação que é prejudicial.</p>
	<p>Indicadores de Alfabetização Científica: A1, A4, A6</p>	<p>Indicadores de Alfabetização Científica: A1, A4, A10, A12</p>
G7	<p>Resposta ao P1: Há uma grande necessidade de acesso a dados para população, devido à globalização, logo é necessário a compactação dos meios de acesso a dados, a fim de facilitar o acesso ao mesmo. Com recursos menores, afetamos menos o meio ambiente.</p>	<p>Resposta ao P2: Não. Através da reciclagem podemos diminuir o lixo eletrônico e utilizá-lo para substituir a matéria prima, a fim de fabricar novos materiais.</p>
	<p>Indicadores de Alfabetização Científica: A1, A2, A3, A4, A10</p>	<p>Indicadores de Alfabetização Científica: A1, A6, A12</p>

Fonte: Própria (2022).

Em linhas gerais, buscando realizar uma comparação entre as resoluções dos problemas pelos estudantes nos dois momentos (inicial e final), e considerando a contribuição de todas as atividades da sequência que foram realizadas, é possível perceber que no momento final houve a emergência de outros indicadores de AC, relacionados com as respostas aos problemas na maioria dos grupos, por exemplo, na resposta final do G7.

Infere-se que este resultado pode ser atribuído a apropriação de novos conhecimentos ao longo da participação e interação nas atividades da SDI e mediação do professor, que contribuiu para o desenvolvimento de novos indicadores de alfabetização científica pelos estudantes. Por exemplo, na resposta do G7, ao P1: “Há uma grande necessidade de acesso a dados para população, devido à globalização, logo é necessário a compactação dos meios de acesso a dados, a fim de facilitar o acesso ao mesmo. Com recursos menores, afetamos menos o meio ambiente” (grifo nosso), identifica-se a compreensão da relação CTS e CTSA e também a crítica à utilização exacerbada da tecnologia de maneira não sustentável.

Complementando, na resposta do G7 a P2 “Através da reciclagem podemos diminuir o lixo eletrônico e utilizá-lo para substituir a matéria prima, a fim de fabricar novos materiais” (grifo nosso) pode-se identificar que os estudantes mobilizaram conceitos científicos (sobre reciclagem e química ambiental), atrelados à tecnologia, para solucionar um problema. Isso é muito importante, pois se espera que um indivíduo alfabetizado cientificamente consiga aplicar conceitos científicos aprendidos na escola para resolver problemas reais, procurando atuar de maneira crítica e autônoma, por meio de uma leitura de mundo mais ampla (SASSERON; CARVALHO, 2011; BRASIL, 2018).

Ressalta-se que nas respostas iniciais nenhum dos grupos apresentou a compreensão de que os produtos/materiais de tamanhos menores, no contexto da nanotecnologia, poderiam ter maior potência e serem mais degradáveis consequentemente, menos prejudiciais ao meio ambiente (SAMPAIO, 2017; MARCONE, 2015).

Já nas respostas finais alguns grupos compreenderam esta perspectiva, respondendo de maneira mais satisfatória, como por exemplo, o G1, no trecho: “[...] ficou explícita a necessidade e importância dos apa-

ratos tecnológicos em seu tamanho reduzido. Seu impacto, antes considerado quase que totalmente maléfico, agora é visto de outro modo. Este benefício vai além da facilidade de transportar – citado na atividade anterior – e entra no quesito do meio ambiente. A quantidade de lixo eletrônico é drasticamente diminuída, sua matéria prima é menos tóxica, entre outros” (grifo nosso). Esta resposta parece indicar que os estudantes partiram de concepções prévias (relacionadas à diminuição das dimensões para facilitar o transporte), e ampliaram suas ideias sobre outras propriedades da nanotecnologia, para melhor justificarem seus argumentos.

O G1 também apresentou uma mais visão crítica na resolução do P2, atribuindo que, mesmo com a necessidade do desenvolvimento de materiais eletrônicos cada vez menores, cabe à sociedade em geral se conscientizar de que eles podem ser reciclados e reutilizados, diminuindo a quantidade de lixo eletrônico produzido. Isto foi evidenciado pelo G1: “[...] a demanda é *dependente da conscientização e educação da sociedade*. Com os materiais cada vez menores, pode-se ser autossuficiente, contudo, sem o descarte adequado o meio ambiente continuará sofrendo” (grifo nosso).

O G6 foi muito assertivo na resposta ao P2, quando trouxe que “em certas situações específicas se torna autossuficiente, logo como são em escala nanométrica até mesmo o tempo de degradação é mais curto”. A afirmação, em relação ao tempo de degradação dos nanomateriais é relevante, já que trata das diferentes funcionalidades que podem ser modificadas para os nanomateriais em comparação com os não-nanométricos. Porém, o trecho “O problema é a radiação dessa tecnologia que é emitida, basta criar novos meios de contornar a radiação que é prejudicial”. Percebe-se nesta resposta: que a concepção prévia dos estu-

dantes acerca do problema ambiental ser resultante da radiação emitida pelos equipamentos tecnológicos permanece. O que se pode sugerir uma limitação da contribuição da sequência didática investigativa para este aspecto do problema.

A análise aponta a presença do termo nanotecnologia na fala de todos os grupos investigados, relacionando com os impactos ambientais resultantes da utilização das tecnologias, com os ganhos que os nanomateriais podem trazer quando utilizados nos equipamentos eletrônicos. Pode inferir uma relação da apropriação deste conceito pelos estudantes no contexto da Nanotecnologia, demonstrando uma contribuição da SDI.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento da sequência didática investigativa sobre Nanotecnologia apresentou contribuições para indícios de alfabetização científica dos estudantes do ensino médio em aulas de Química, que foram evidenciados pela emergência de indicadores de alfabetização científica nas respostas dos estudantes aos problemas resolvidos e em outras atividades da SDI.

Em todas as respostas foi possível identificar o indicador de AC, A1: utilização de conceitos científicos para integrar valores e saber tomar decisões responsáveis no dia-a-dia. Este indicador se aproxima dos objetivos educacionais presentes da nova BNCC (BRASIL, 2018), e no documento Currículos para o Ensino Médio – por exemplo, o de Pernambuco (PERNAMBUCO, 2021), os quais sugerem que a formação cidadã dos estudantes pode ser baseada na discussão de conceitos científicos que integrem valores no dia-a-dia dos estudantes, para formar indivíduos ativos, autônomos e críticos na sociedade, que atuem de maneira

positiva, respeitando as limitações da tecnologia para a conservação do meio ambiente.

Este pode trabalho contribuir com pesquisas que articulam o ensino por investigação e o desenvolvimento da alfabetização científica no ensino de química.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, M. C. P. S. **Ensino por investigação: Problematizando as atividades em sala de aula.** Ensino de ciências: Unindo a pesquisa e a prática / Ana Maria Pessoa de carvalho, (org.). São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

BARREIROS, Y. Educação em Nanociência e Nanotecnologia: Uma abordagem contextualizada no ensino de química. **Trabalho de Conclusão de Curso.** Tubarão (SC): UNISUL, 2018.

BARROW, L. H. A Brief History of Inquiry: From Dewey to Standards. **Journal of Science Teacher Education**, v. 17, n. 3, Springer, p. 265-278, 2006.

BORBOLETTO, A.; CARVALHO, W. L. P. Temas Sócio-Científicos: análise dos processos questões Sociocientíficas no Ensino de Ciências: algumas características das pesquisas brasileiras argumentativos num contexto escolar. In: **Atas do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências.** Florianópolis-SC, 2009.

BRANCO, A. B de G.; BRANCO, E. P.; IWASSE, L. F. A.; NAGASHIMA, L. A. Alfabetização e letramento científico na BNCC e os desafios para uma educação científica e tecnológica, **Revista Valore**, Volta Redonda, v. 3, n. esp., p. 702-713, 2018.

BUONOCORE, T. C. C.; OLIVEIRA, A. I. B.; FARIAS, D. S.; MARTINEZ, F. A.; SILVA, G. E.; LEZO, T. C.; ROCHA-LIMA, A. B. C. Energia

das radiações: radioatividade natural e artificial, radiações ionizantes e excitantes. **UNISANTA Bioscience**, v. 8 n. 4, p. 447-457, 2019.

CAÑAL, P. El análisis didáctico de la dinámica del aula: tareas, actividades y estrategias de enseñanza. In: PERALES, F. J. y CAÑAL, P. Didáctica de las ciencias experimentales. **Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias**. Alcoy: Marfil, p. 209-238, 2000.

CARDOSO, M. J. C.; SCARPA, D. L. Diagnóstico de Elementos do Ensino de Ciências por Investigação (DEEnCI): Uma Ferramenta de Análise de Propostas de Ensino Investigativas. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 1025–1059, 2018.

CARVALHO, A. M. P. **O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas**. In: _____. (org.). Ensino de Ciências por investigação: Condições para implementação em sala de aula. Cengage Learning. 2013.

CASTRO, D. L.; CAVALCANTE, M. P.; PEDROSA, M. C. G. Nanotecnologia e polímeros: revisão dos temas visando a abordagem em aulas de Química. **Revista Thema**, v. 16, n. 2, p. 313-330, 2019.

GONDIM, M. S. C.; MENDES, M. Concepções alternativas na formação inicial de professores de química: pressuposto para uma reflexão sobre o processo ensino / aprendizagem (reapresentação). In: **VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)**. Florianópolis, 2007.

MARCONE, G. P. S. Nanotecnologia e Nanociênciа: Aspectos Gerais, Aplicações e Perspectivas no Contexto do Brasil. **Perspectivas da Ciência e Tecnologia**, v.7, n. 2, 2015.

MÉHEUT, M. Teaching-learning sequences tools for learning and/or research. In: BOERSMA, K.E.A. (Ed). **Research and quality of science education**. Netherlands: Springer, p. 195-207, 2005.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. de Castro e. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 9, n.1, 2007.

PERNAMBUCO. Secretaria Estadual de Educação e Esportes de Pernambuco. **Curriculo de Pernambuco 2021 para o Ensino Médio**. Recife (PE), 2021.

REBELLO, G. A. F.; ARGYROS, M. M.; LEITE, W. L. L.; SANTOS, M. M.; BARROS, J. C.; SANTOS, P. M. L.; SILVA, J. F. M. Nanotecnologia, um tema para o ensino médio utilizando a abordagem CTSA. **QUÍMICA NOVA NA ESCOLA**, v. 34, n. 1, p. 3-9, 2012.

RODRIGUES, B. A.; BORGES, A. T. **O ensino de Ciências por investigação: reconstrução histórica**. In: XI ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 2008, Curitiba. Atas do XI EPEF.. Curitiba: UT-FPR/UFPR, 2008. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/even-tos/epef/xi/atas/resumos/T0141-1.pdf>. >. Acessado em: 14 out. 2020.

SÁ, E. F. **Discursos de professores sobre o ensino de Ciências por investigação**. 2009. 203f. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

SAMPAIO, R. A. Ensino de Nanotecnologia no Ensino Médio por meio de Diferentes Metodologias Teórico-Práticas. **Trabalho de Conclusão de Curso**. FORTALEZA (CE): UFCE, 2017.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização Científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Almejando a alfabetização científica no Ensino Fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em ensino de ciências**, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008.

SASSERON, L. H.; MACHADO, V. F. Alfabetização Científica na Prática: inovando a forma de ensinar física. São Paulo: Editora Livraria da Física, ed. 1, v. 1, 2017.

SCARPA, D. L.; SASSERON, L. H.; BATISTONI E SILVA, M. O ensino por investigação e a argumentação em aulas de ciências naturais. **Tópicos Educacionais**, Recife, v. 23, n. 1, p. 7-21, 2017.

SHRIVER, D. F.; ATKINS, P. Química Inorgânica. 4. ed. Livro: trad. BARROS, F. R. Porto Alegre: **Bookman**, p. 665-701, 2008.

SILVA, R. F.; BARBOSA, T. V. S.; BATINGA, V. T. S. O Desenvolvimento da Argumentação em Aulas de Química a Partir de uma Questão Socio-científica. In: **XIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2021, Caldas Novas/GO. Anais do XIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2021.

STAVROU, D.; MICHAILIDI, E.; SGOUROS, G. Development and dissemination of a teaching learning sequence on nanoscience and nanotechnology in a context of communities of learners. **Chem. Educ. Res. Pract.**, v. 19, p. 1065-1080, 2018.

TRÓPIA, G. **Um panorama da produção acadêmica sobre a prática de ensinar ciências por atividades de investigação científica no ENPEC**. In: VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2009, Florianópolis. Anais do VIII ENPEC, Belo Horizonte: ABRAPEC, 2009.

VASCONCELOS, C.; PRAIA, J.; ALMEIDA, L. Teorias de aprendizagem e o ensino/aprendizagem das ciências: da instrução à aprendizagem. **Psicologia Escolar e Educacional**, Campinas, v.7, n.1, jun. 2003.

VIDRIK, E. C. F.; ALMEIDA, N. C.; MALHEIRO J. M. S. As contribuições de uma sequência didática com enfoque investigativo para o ensino de química. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 1, p. 488-498, 2020.

WANG, J.; GUO, D.; JOU, M. A study on the effects of model-based inquiry pedagogy on students' inquiry skills in a virtual physics lab. **Computers in Human Behavior**, v. 49, p. 658–669, 2015.

WELLINGTON, J. **Re-thinking the Role of Practical Work in Science Education**. In M. Sequeira, L. Dourado, M.T. Vilaça, S. Afonso & J. M. Baptista (Orgs.) *Trabalho Prático e Experimental na Educação em Ciências*, 19-28. Braga: Universidade do Minho, Departamento de Metodologias da Educação. 2000.

ZABALA, A. A Prática Educativa: como ensinar. Porto Alegre: **Artmed**, 1998.

ZÔMPERO, A. F.; LÁBURU, C. E. Atividades investigativas no ensino de Ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 13, n. 03, p. 67-80, 2011.

RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS NO ENSINO DE QUÍMICA: UMA ALTERNATIVA PARA AUTORREGULAÇÃO DA APRENDIZAGEM

Yrailma Katharine de Sousa
Verônica Tavares Santos Batinga

INTRODUÇÃO

No ensino de Química no Brasil ainda há uma predominância da metodologia de ensino por transmissão-recepção, em que se privilegia a memorização de conteúdos e atividades de repetição como principal forma de aprendizagem.

De um modo geral por não abrir espaço para reflexão e participação ativa do corpo discente no contexto de ensino, a priorização desta metodologia provoca nos estudantes certa aversão em relação à aprendizagem de conceitos químicos, desistência dos estudos de formação inicial e dificuldades para a formação de um profissional mais autônomo (SOUZA; OLIVEIRA; SOUZA, 2018).

Assim, para mudança desse cenário, as demandas sociais atuais, impulsionadas pela revoluções industriais, econômicas, políticas e tecnológicas, requerem cada vez mais da inserção de práticas pedagógicas emancipacionistas no processo de ensino e aprendizagem, sendo essas,

com potencialidade de estimular do estudante aspectos como o interesse em conhecer novos assuntos, o pensamento crítico e reflexivo, a interação e sua concentração para realização de atividades e alcance de metas (MUNIZ; BARROS, 2022; SOUSA; OLIVEIRA, SOUZA, 2018; FRISON, 2016).

Daí, destacamos a abordagem de Resolução de Problemas³, uma metodologia ativa, que abre precedentes para envolver discentes e docentes nas atividades de ensino, por meio da apresentação de problemas contextualizados, interativos e significativos, diferentemente da prática de exercícios, em que se enfatizam ações mecânicas para memorização de conteúdos, fórmulas, regras matemáticas e outros (SALES; BATIN-GA, 2022; FERNANDES; CAMPOS, 2017).

O interesse pelo conteúdo envolvendo a Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas, parte da compreensão de que a metodologia apresenta potencialidades para ser aplicada em todos os níveis de ensino, além de poder preparar um estudante que saiba agir, de maneira autônoma, diante dos problemas escolares, mas também advindos da sociedade. Basso e Abrahão (2018) destacam que um aprendiz autônomo é um aprendiz autorregulado, e a autorregulação da aprendizagem é relevante para o estabelecimento de estratégias e alcance de conhecimentos, objetivos e melhorias pessoais no contexto escolar e no cotidiano.

Nesse contexto, acreditamos que conhecer como a Resolução de Problemas tem sido trabalhada, pode colaborar para o desenvolvimento de novas pesquisas sobre a temática e abrir precedentes para uma maior inserção da metodologia nos âmbitos escolares, seja do ensino fundamental, médio ou ensino superior. Logo, este estudo apresenta

³ Trabalho apresentado no IX Congresso Internacional das Licenciaturas – VII COINTER PDVL, online, 2022.

uma revisão sistemática, que objetivou verificar em artigos científicos publicados em periódicos de Qualis A1, A2 e B1 em ensino, como a metodologia de Resolução de Problemas tem sido abordada em atividades de ensino que trazem como participantes da pesquisa licenciandos em química, e se nessas pesquisas emergem elementos da autorregulação da aprendizagem.

Por fim, destacamos que o artigo é fruto de uma tese de doutorado que está em desenvolvimento no Programa de Pós-graduação em Ensino das Ciências e da Matemática (PPGEC) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e teve apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES).

ASPECTOS DA ABORDAGEM DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

No cenário educacional atual, pesquisadores do ensino e da educação como Muniz e Barros (2022) destacam que as novas exigências da sociedade, impulsionadas pelo avanço econômico e tecnológico, requerem perspectivas de ensino inovadoras que estimulem algo essencial para o indivíduo, uma formação crítica e reflexiva.

Nesse contexto, destaca-se a metodologia de ensino e aprendizagem envolvendo a abordagem de resolução de problemas, que de uma forma mais ampla, possibilita que o docente trabalhe o conceito químico com seus estudantes agindo ativamente e exercendo sua capacidade de refletir e gerar novos questionamentos, diferentemente do que se costuma ser apresentado em métodos de ensino baseados principalmente na transmissão e recepção do conhecimento.

Os problemas envolvidos na Resolução de Problemas, não são os mesmos que exercícios, apesar de muitos acreditarem ser um só. De acordo com Vygotsky (2001, p. 171) “[...] ‘onde o meio não cria os pro-

blemas correspondentes', não apresenta novas exigências, não motiva e nem estimula com novos objetivos o desenvolvimento do intelecto".

Assim, o exercício não se preocupa com a contextualização, apresenta questionamentos mais pontuais, onde as resoluções são únicas e conhecidas e seu principal objetivo é o treinamento de habilidades instrumentais. Enquanto os problemas, no que lhe concerne, apresentam questionamentos instigadores e contextualizados, fictícios ou reais, cuja solução não se dá de forma direta e imediata, nem com a intenção de mera memorização (FERNANDES, 2022; FERNANDES; CAMPOS, 2017; SALES, 2017; BATINGA, 2010). Para diferenciar um problema de um exercício destacamos um exemplo de Fernandes e Campos (2017) na Figura 1:

Figura 1. Exemplos de Exercício e de Problemas no Ensino de Química.

Exercício	Problema
<p>Exemplos:</p> <p>1) Efetue o balanceamento das equações químicas a seguir:</p> <p>a) $H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow H_{2O(g)}$</p> <p>b) $N_{2(g)} + H_{2(g)} \rightarrow NH_{3(g)}$</p> <p>c) $SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow SO_{3(g)}$</p>	<p>Exemplo:</p> <p>O diamante é uma substância que apresenta uma dureza elevada. Por isso, é utilizado na perfuração de rochas. Na sua composição apresenta apenas átomos de carbono. O grafite é uma substância que possui resistência baixa. É empregada na fabricação de lápis e também é constituída apenas por átomos de carbono. Na escala de dureza o diamante é o mais duro com valor igual a 10 e a grafite é um dos materiais mais moles com dureza igual a 1. O grafite é um condutor elétrico ao contrário do diamante que é considerado um isolante. Por conduzir eletricidade a grafite é utilizada em fornos elétricos. Por que há diferença de dureza tão acentuada nessas substâncias uma vez que ambas são constituídas apenas por carbono? Por que só o grafite conduz corrente elétrica? Que tipo de ligação química ocorre nessas substâncias?</p>

Fonte: (FERNANDES; CAMPOS, 2017, p. 462).

Neste seguimento, um problema só é problema, quando antes de tudo é reconhecido como um, por aquele(a) que irá em busca de sua

solução ou soluções. A busca, por sua vez, demanda do interesse daquele(a) que irá tentar solucioná-lo, neste caso, um problema descontextualizado, com tempo inapropriado para sua resolução, sem objetivo, com nível de questionamento inadequado, pouco, provavelmente, proporcionará bons processos de ensino e aprendizagem (BATINGA, 2010).

Portanto, para inserção efetiva da metodologia de Resolução de Problemas no processo de ensino, deve o docente estar atento a formulação dos problemas a serem apresentados em suas aulas, inclusive na aula de Química, observando previamente pontos que podem o constituir, tais como os supracitados, mas também dos conhecimentos que deseja mobilizar e do nível de desenvolvimento dos seus estudantes que irão tentar resolvê-lo. Um bom problema instiga a criatividade, provoca o raciocínio e é possível de solução (SILVA; BATINGA, 2022).

Ainda conforme os autores supracitados, nos problemas a serem trabalhados numa aula de Química, e não somente nela, a articulação entre conteúdos conceituais, atitudinais e procedimentais, sem que um prevaleça em detrimento do outro, pode potencializar habilidades cognitivas e competências atitudinais e sociais do indivíduo.

Por fim, Silva e Batinga (2022) e Vasconcelos e Almeida (2012) destacam que a metodologia de Resolução de Problemas não demanda atenção apenas do docente, mas, em simultâneo, requer do estudante seu envolvimento ativo, elaboração de estratégias, articulação de seus conhecimentos, reflexão, criticidade e autonomia, que também são constituintes da autorregulação da aprendizagem.

AUTORREGULAÇÃO DA APRENDIZAGEM

A autorregulação se trata da habilidade de controlar e entender nosso processo de aprendizagem, apesar disso, nem todos os estudantes apresentam essa habilidade bem desenvolvida, provocando a apresentação de dificuldades para aprender determinados conceitos e, até mesmo, para planejar ações ou estratégias que colaborem para superação de desafios e alcance de seu progresso pessoal (MACHADO; BORUCHOVITCH, 2018; FRISON, 2016).

A autorregulação da aprendizagem é discutida por vários vieses como, por exemplo, no viés sociocognitivista, socioconstrutivista e sociohistórico de Vygotsky (XAVIER; SILVA; SOUSA, 2021). Nesse artigo destacamos a perspectiva de Vygotsky, onde se comprehende que a autorregulação da aprendizagem é construída considerando o contexto social e histórico do aprendiz.

Nesse seguimento, destaca-se a importância da interação do indivíduo com os instrumentos e com o outro, e a importância da mediação para formação de conceitos dentro das zonas de desenvolvimento. Assim, comprehende-se que o aprendiz é inicialmente regulado pelo meio e, depois, passa a se autorregular, quando consegue planejar, executar e avaliar suas próprias ações (VEIGA SIMÃO; FRISON, 2013; VYGOTSKY, 1991).

Corroborando com a discussão, destacamos que o estímulo à autorregulação da aprendizagem em sala de aula, não se pode esperar alcançar apenas com uso de metodologias baseadas na mera reprodução de conteúdos, uma vez que nesta atividade se destaca como protagonista o docente.

O aprimoramento das estratégias de autorregulação é propiciado quando uma metodologia de ensino consegue envolver no ambiente

educacional o discenteativamente, permitindo que elecompreenda a responsabilidade que possui, reflita de forma crítica sobre suas atitudes no decorrer do seu processo de aprendizagem e desenvolva tomadas de decisões diante de problemas (BASSO; ABRAHÃO, 2018; VYGOTSKY, 1991). Cabe destacar que, a participação ativa do estudante, não exclui a importância das orientações do docente em sala de aula.

Por fim, Basso e Abrahão (2018, p. 498) chamam atenção para o fato que “todos os alunos, e principalmente aqueles com baixo rendimento escolar, podem beneficiar-se de estratégias autorreguladoras aprendidas em sala de aula”. Portanto, acreditamos que num contexto escolar as dificuldades de discentes relacionadas a sua aprendizagem, podem ser minimizadas quando elementos como, autonomia, autoeficácia, autoavaliação e autorreflexão, elementos da autorregulação, forem potencializadas ao discente.

METODOLOGIA

Com o propósito de verificarmos a forma que a metodologia de Resolução de Problemas tem sido abordada em atividades de ensino que envolve como participantes licenciandos em Química, e se há emersão de elementos da autorregulação nessas atividades, este estudo, que se constituiu de uma revisão sistemática de literatura, foi classificado numa abordagem qualitativa do tipo exploratória bibliográfica.

De acordo com Lüdke e André (1986), as pesquisas qualitativas possibilitam ao pesquisador realizar o esclarecimento de fatos e/ou fenômenos, por meio da observação de elementos presentes em situações e da descrição detalhada dos mesmos, além disso, é uma abordagem de pesquisa que considera diferentes perspectivas do objeto em investigação.

No tocante a tipologia exploratória-bibliográfica, se encontram pesquisas, que para alcançar respostas a suas indagações, envolvem como fonte de estudo a exploração de informações apresentadas em uma literatura científica apreciada, por exemplo, artigos e livros (OLIVEIRA, 2007; GIL, 2002).

Nessa perspectiva, a revisão se deu a partir da busca por artigos científicos sobre a temática em estudo, publicados em periódicos (inter)nacionais no intervalo dos 5 (cinco) anos mais atuais. Periódicos estes, avaliados com Qualis A1, A2 e B1 na área de Ensino, segundo a Plataforma Sucupira CAPES⁴ – Quadriênio 2013-2016.

A seleção dos artigos se deu a partir da leitura individual do foco e escopo de cada revista. Inicialmente, foram selecionados 155 periódicos, porém, depois da leitura supracitada, a amostra se reduziu para 31 periódicos, pois apenas esse quantitativo apresentou artigos com conteúdos que mencionavam o nosso objeto de estudo.

Para seleção dos artigos, fez-se o uso de palavras-chave atreladas a *strings* de busca, descritos no Quadro 1. A depender da particularidade de cada periódico, esses descritores sofreram pequenas modificações.

4 Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES).

Quadro 1. Palavras-chave e *Strings* utilizados no processo de busca dos artigos.

PALAVRAS-CHAVE		ALGUNS STRINGS DE BUSCA UTILIZADOS
Termos	Tradução	
Resolução de Problemas	<i>Problem solving</i>	(“resolução de problemas” AND “ensino de química” AND “licenciatura”); • (“problem solving” AND “chemistry teaching” AND “undergraduate”); • (“problem solving” AND (“chemistry” AND “teaching”); • (“resolução de problemas” AND “ensino de química” AND (“licenciatura” OR “licenciandos”) AND (“autorregulação”); • (“problem solving” OR “resolución de problema”) AND (“chemistry teaching”) AND (“undergraduate”) AND (“self-regulated”).
Autorregulação	<i>Resolución de problema</i>	
Ensino Superior	<i>Self-regulated</i>	
Licenciandos	<i>Higher education</i>	
Licenciatura	<i>Undergraduate in chemistry</i>	
Ensino de Química	<i>Chemistry teaching</i>	
Química	<i>Enseñanza de química</i>	

Fonte: Própria (2022).

Como o uso dos *strings*, inicialmente foi localizado nos 31 periódicos um total de 45 artigos, que posteriormente passaram por critérios de inclusão e de exclusão estabelecidos a priori da busca (Quadro 2).

Quadro 2. Critérios para escolha dos trabalhos.

CRITÉRIOS DE INCLUSÃO (CI)		CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO (CE)	
CI ₁	Trabalhos de periódicos na área de ensino com Qualis Capes A1, A2 ou B1, publicados no intervalo dos 5 anos mais atuais (2018 a 2022).	CE ₁	Artigos que não estão disponíveis gratuitamente ou pelo acesso institucional.
CI ₂	Apresenta os descritores utilizados na busca preferencialmente nos títulos, resumos, palavras-chave.	CE ₂	Artigos completos publicados em anos inferiores à 2018.
CI ₃	Pesquisa que traz a Resolução de Problemas no ensino de química envolvendo como participante das atividades, licenciandos de Química.	CE ₃	Artigos que trazem os descritores seja em título ou resumo, mas a discussão não destaca a metodologia sendo trabalhada envolvendo licenciandos em química.
		CE ₄	Estudos teóricos e artigos de revisão.

Fonte: Própria (2022).

Para organização desse material, primeiro foi visto o título, depois o resumo e, quando ainda não se decidia, a leitura na íntegra. Esse processo implicou, dentro de nosso interesse de investigação, a classificação de apenas seis periódicos e seis artigos, conforme Quadro 3.

Quadro 3. Referências dos artigos selecionados para análise. A sigla ID representa identificação.

ID	Artigos Qualis A1
A	SILVA, I. M.; LINS, W. C. B.; LEÃO, M. B. C. Avaliação da aplicação da metodologia de aprendizagem baseada em problemas na disciplina de tecnologia da informação e comunicação no ensino de Química. <i>Educación Química, México</i> , v. 30, n. 3, p. 64-78, 2019. DOI: http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2019.3.68493
Artigos Qualis A2	
B	SILVA, A. C.; DE CHIARO, S. O impacto da interface entre a aprendizagem baseada em problemas e a argumentação na construção do conhecimento científico. <i>Investigações em Ensino de Ciências, Rio Grande do Sul</i> , v. 23, n. 3, p. 82-109, 2018. DOI: http://dx.doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2018v23n3p82
Artigos Qualis B1	
C	BACH, M. F.; FONSECA, C. V. Aprendizagem baseada em problemas envolvendo a temática alimentação: reflexões decorrentes de um estágio em ensino de química. # <i>Tear: Revista de Educação Ciência e Tecnologia</i> , Canoas, v.7, n. 2, p. 1-20, 2018. DOI: http://dx.doi.org/10.35819/TEAR.V7.N2.A3097
D	COUTINHO, K. S.; PASSERINO, L. M.; HENRIQUES, R. B.; AVILA, M. M. Práticas pedagógicas inovadoras no ensino universitário: uma análise da motivação e da percepção dos alunos. <i>Revista Educação por Escrito</i> , Porto Alegre, v. 9, n. 2, p. 326-346, 2018. DOI: http://dx.doi.org/10.15448/2179-8435.2018.2.31594
E	GUERRA, R. R. G.; RIBEIRO, J. S.; COMARÚ, M. W. Proposta metodológica para o desenvolvimento de habilidades em resolução de problemas por meio do ensino de quimiometria. <i>Revista Ciências & Ideias, Rio de Janeiro</i> , v. 10, n. 1, p. 15-24, 2019. DOI: http://dx.doi.org/10.22407/2019.v10i1.902
F	SILVA, L. C. S.; BATINGA, V. T. S. Análise de uma atividade experimental sobre biogás a partir de elementos da teoria da assimilação das ações mentais. <i>Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista</i> , Santo Ângelo, v. 11, n.1, p. 245-259, 2021. DOI: http://dx.doi.org/10.31512/encitec.v11i1.392

Fonte: Própria (2022).

Os seis artigos foram analisados posteriormente, considerando as categorias: i) aspectos bibliográficos; ii) conteúdos abordados; iii) aspectos metodológicos e; iv) principais resultados.

Na categoria aspectos bibliográficos, a análise se voltou para observação de pontos gerais dos artigos como, títulos, origem dos autores, origem dos periódicos, ano de publicação (FERNANDES; CAMPOS, 2017). Na categoria conteúdos abordados, visamos os conteúdos trabalhados nas estratégias de ensino envolvendo a Resolução de Problemas nesses estudos. Enquanto, na categoria aspectos metodológicos, observarmos as naturezas das pesquisas, instrumentos de produção de dados e ações atreladas a eles. Em última instância, mas não menos importante, a categoria, principais resultados, contou com a observação dos principais conhecimentos produzidos nesses estudos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em seguida, conforme as categorias pré-estabelecidas, será apresentado a síntese da análise e discussão referente as observações nos artigos encontrados.

CATEGORIA I – ASPECTOS BIBLIOGRÁFICOS

Com o intuito de identificar quais as condições de produção dos estudos que abordavam a metodologia de Resolução de Problemas tendo como participantes licenciandos em Química, bem como a localização onde se concentram os estudos envolvendo a temática, nesta categoria, nos detemos a observar informações sobre aspectos bibliográficos dos artigos encontrados, especificamente os títulos, a origem dos autores, a origem dos periódicos e o ano de publicação dos artigos.

Como mencionado na metodologia, apenas seis artigos (apresentados no Quadro 3) foram classificados para inferência. Assim, ao analisar os títulos dessas produções, percebemos que esses estudos têm denotado preocupação em desenvolver abordagens diversificadas quanto à inserção da Resolução de Problemas no ensino de Química para licenciandos, envolvendo além de conteúdos procedimentais da ciência, conteúdos químicos, pedagógicos e atitudinais. Todavia, em nenhum desses trabalhos, os termos “autorregulação” ou “autorregulação da aprendizagem” estiveram presentes em seus títulos.

A análise da origem dos autores dos artigos destacou as regiões Nordeste, Sudeste e Sul do Brasil como principais regiões com pesquisadores educacionais interessados no estudo e desenvolvimento da metodologia Resolução de Problemas no ensino de Química. Cabe destacar, os artigos investigados possuíam mais de um autor(a), o quantitativo total era de dezesseis, nossa observação em relação à origem ocorreu individualmente.

Da análise, também observamos que todos os dezesseis autores possuíam vínculos com instituições superiores de ensino, mas em destaque se tem a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e a Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), de onde se situam um total de sete autores; enquanto, na região Sul, seis autores são da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Acreditamos que esse fato pode estar atrelado ao histórico da inserção dessa metodologia no país, pois de acordo com Sales (2017), as primeiras versões da metodologia se deram em cursos da área da saúde de faculdades situadas nessas localizações. Embora essas regiões tenham se destacado, acreditamos ser importante a ampliação de estudos envolvendo a temática, pois o número de estudiosos da Resolução de Problemas em Química ainda é pequeno.

A necessidade de ampliação de discussões se reflete também quando observamos a origem dos periódicos e ano de publicação. No tocante a origem dos periódicos, observamos que quatro dos seis artigos encontrados, são oriundos de periódicos da região Sul do país, apenas um é da região Sudeste do país e outro é publicação de periódico internacional. Quanto ao ano de publicação dos artigos, notamos que o maior número se deu nos anos de 2018, com um quantitativo de três artigos; entre os anos de 2019 e 2020, houve redução de publicações, possivelmente influenciada pelas dificuldades em desenvolver estudos no Brasil, no período mais intenso da pandemia da Covid-19. No ano de 2021, observamos uma leve tendência de aumento de publicações, com um artigo publicado em periódico do Sul do país. Do ano de 2022, não encontramos nenhuma publicação, possivelmente por essa revisão ter sido desenvolvida em meados desse mesmo ano, no qual muitos periódicos ainda se encontram em processo de organização para publicações.

Uma melhor visualização dessa inferência é apresentada na Tabela 1, na qual para otimização do espaço, optamos por denominar os nomes dos artigos por ordem alfabética.

Tabela 1. Informação sobre a Origem dos Periódicos, Número de Publicações e Ano de Publicação.

INFORMAÇÕES SOBRE OS PERIÓDICOS			ANO DE PUBLICAÇÃO				
Artigos	Periódicos	Origem	2018	2019	2020	2021	mai/22
A	<i>Educación Química</i>	Internacional	0	1	0	0	0
B	Investigações no Ensino de Ciências	Sul	1	0	0	0	0
C	#Tear: Revista de Educação Ciência e Tecnologia	Sul	1	0	0	0	0

D	Revista Educação por Escrito	Sul	1	0	0	0	0
E	Revista Ciências & Ideias	Sudeste	0	1	0	0	0
F	Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista	Sul	0	0	0	1	0
Total			3	2	0	1	0

Fonte: Própria (2022).

O Quadro 3 da metodologia indica quais são as referências que correspondem respectivamente a cada letra utilizada na coluna ARTIGOS dessa tabela.

CATEGORIA II – CONTEÚDOS ABORDADOS

Nesta categoria nos detemos a analisar nos artigos, quais os conteúdos que estavam sendo abordados para trabalhar a Resolução de Problemas no ensino de Química envolvendo licenciandos em Química como participantes.

Dessa análise, inferimos que os autores têm destacado a Resolução de Problemas com conteúdos procedimentais, atitudinais, conceituais e pedagógicos, bem como foi evidenciado na **Categoria I – Aspectos Bibliográficos**, sugerindo versatilidade da metodologia e sua potencialidade para envolvimento ativo do estudante no processo de ensino e aprendizagem de Química, bem como para o desenvolvimento de autonomia, reflexão (elementos da autorregulação), habilidades para além das que são comumente destacadas em aulas tradicionais de Química. A figura 1 destaca os conteúdos apresentados nos materiais.

Figura 1. Conteúdos abordados junto a Resolução de Problemas nos artigos encontrados.



Fonte: Própria (2022).

Os conteúdos aqui destacados foram tomados como base para construção de problemas, dos quais licenciandos, geralmente em grupo, precisavam buscar possíveis soluções. Foi concordância nas colocações dos autores, que a escolha pelos conteúdos abordados nas ações das pesquisas, considerou aspectos como: o nível de dificuldade de compreensão e a relação do conceito com o contexto do estudante. Esses aspectos são consonantes com a definição de problema pontuados por Fernandes (2022), Fernandes e Campos (2017), Sales (2017) e Batinga (2010), que destacam os problemas como questionamentos instigadores e contextualizados, fictícios ou reais, cuja solução não se dá de forma direta e imediata, nem com a intenção de mera memorização.

CATEGORIA III – ASPECTOS METODOLÓGICOS

Nesta categoria, analisamos a classificação dos estudos, instrumentos para produção de dados utilizados e as estratégias procedimentais para se trabalhar a metodologia de Resolução de Problemas.

No que se refere a classificação das pesquisas, percebemos que os estudos tem sido desenvolvidos, prioritariamente numa abordagem qualitativa do tipo descritiva, exploratória ou estudo de caso; somente um dos artigos investigados, trouxe uma abordagem mista. Acreditamos que a escolha pela abordagem qualitativa, está atrelada ao interesse de esses pesquisadores em realizar um estudo voltado a explicação de

fenômenos ou fatos, considerando, diferentes percepções dos participantes envolvidos.

Em consonância com a classificação, evidenciamos como instrumentos para produção e registro de dados mais utilizados: relatórios, notas de observação, questionários, entrevistas, gravação em áudio e em vídeo. Esses instrumentos e registros são considerados práticos e relevantes para acompanhamentos e registros de observações, ações e outras atividades decorridas no processo de realização de pesquisas qualitativas (GIL, 2002).

Como estratégias procedimentais, evidenciamos que todos os trabalhos trazem problemas reais, destacando no processo da aplicação e de resolução, aspectos considerados importantes para o processo, segundo Batinga (2010), como: a contextualização, a importância do trabalho em grupo, a mediação, a articulação entre conceitos espontâneas e científicos, apresentação do problema e a discussão de avaliação do processo.

CATEGORIA IV – PRINCIPAIS RESULTADOS

Nesta categoria, buscamos identificar quais os principais resultados produzidos nas atividades realizadas nos estudos e se nestas atividades emergiam elementos da autorregulação da aprendizagem.

De modo geral, destacamos como principais resultados a: i) compreensão dos conteúdos trabalhados e conexão com o cotidiano dos aprendizes; ii) importância da organização de planejamentos; iii) motivação intrínseca para participação das atividades; iv) reflexões antes, durante e após a resolução de problemas; e v) autoeficácia, pensamento crítico, argumentação autoaprendizagem.

Embora não tenha sido explícito o termo autorregulação da aprendizagem, os resultados almejados nos estudos envolvendo a Resolução de Problemas, mostram que a metodologia apresenta potencialidade para promoção da formação de um indivíduo mais confiante, autônomo, reflexivo, crítico para enfrentar problemas no contexto escolar, mas também decorridos da sociedade, que constantemente sofre mudanças. Esses elementos são constituintes da autorregulação da aprendizagem, que de acordo com Vygotsky (1991) são estimuladas a partir do contexto histórico e cultural, da interação do indivíduo com o outro e da mediação. Os termos frequentemente utilizados nesses estudos, foram os descritos na Figura 2.

Figura 2. Conteúdos abordados junto a Resolução de Problemas nos artigos encontrados.



Fonte: Própria (2022).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As inferências decorridas da revisão sistemática, possibilitaram a verificação de como a metodologia de Resolução de Problemas tem sido abordada em atividades de ensino que trazem como participantes da pesquisa licenciandos em química, além disso, a emersão de elementos da autorregulação da aprendizagem.

Em síntese, na categoria “aspectos bibliográficos”, observamos que embora tenham sido evidenciados artigos em periódicos (inter)nacionais envolvendo a temática em estudo, ainda se faz necessário a ampliação de estudos envolvendo a Resolução de Problemas em práticas de ensino que envolvam como participantes licenciandos em química, pois, atualmente o quantitativo de publicações ainda se apresentam timidamente.

A categoria “conteúdos abordados”, demonstram a versatilidade da Resolução de Problemas como uma metodologia ativa para trabalhar além da relação teoria e prática, os conteúdos conceituais, atitudinais, procedimentais, pedagógicos e atitudinais relacionados ao ensino de Química.

Enquanto a categoria “aspectos metodológicos”, de modo geral, mostrou que as situações didáticas onde as resoluções de problemas se apresentaram nos estudos, são permeadas, principalmente, por problemas envolvendo a realidade dos estudantes envolvidos nas atividades, além disso, percebemos a preocupação em envolver o trabalho colaborativo, a interação, a mediação, o processo de discussão e reflexão para elaboração de estratégias e alcance das soluções adequadas dos problemas, a avaliação do processo de ensino e aprendizagem.

A categoria “principais resultados”, embora não tenha sido destacada explicitamente, a metodologia de Resolução de Problemas conduz

elementos que se relacionam com a noção de problema defendida neste artigo e colaboram para o estímulo da autorregulação da aprendizagem, pois ao envolver os estudantes ativamente, foi percebido como principais produtos das atividades propostas nas pesquisas, o engajamento, autoeficácia, motivação, criticidade, reflexão, autonomia e autoavaliação.

Por fim, consideramos que as observações levantadas são de estrema relevância para incentivar o desenvolvimento de pesquisas envolvendo a temática na área de ensino e de educação das ciências e matemática, e enfatizar a importância da inserção de metodologias no processo de ensino, que trabalhem a formação discente numa perspectiva além da voltada para o treinamento de habilidades instrumentais.

REFERÊNCIAS

BASSO, F. P.; ABRAHÃO, M. H. M. B. Atividades de Ensino que desenvolvem a autorregulação da aprendizagem. **Educação & Realidade**, Porto Alegre, v. 43, n. 2, p. 495-512, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2175-623665212>.

BATINGA, V. T. S. A abordagem de Resolução de Problemas por professores de química do ensino médio: um estudo de caso sobre o conteúdo de estequiometria. 2010. 283 p. **Tese** (Doutorado). Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, 2010.

FERNANDES, C. G. A metodologia de Resolução de Problemas como estratégia para desenvolver habilidades cognitivas de alta ordem nas aulas: o que pensam os professores de química? 2022. 193 p. **Dissertação** (Mestrado em Ensino de Química). Universidade de São Paulo, USP, 2022.

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

FRISON, L. M. B. Autorregulação da aprendizagem: abordagens e desafios para as práticas de ensino em contextos educativos. **Revista Educação**, Campinas, v. 21, n.1, p. 1-17, 2016.

GANDA, D. R.; BORUCHOVITCH, E. A autorregulação da aprendizagem: principais conceitos e modelos teóricos. **Psicologia da Educação**, São Paulo, v. 46, s. n, p. 71-80, 2018.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação**: abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986. (Temas Básicos de Educação e Ensino).

MACHADO, A. C. T. A.; BORUCHOVITCH, E. Promovendo a autorregulação da aprendizagem em sala de aula: considerações sobre modelos de intervenção e a formação de professores. **Revista Educação**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 337-348, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.24220/2318-0870v23n3a4107>.

MUNIZ, F. J. A.; BARROS, M. A. M. Percepção e utilização do ensino híbrido entre professores em formação continuada do Ensino de Ciências. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, São Paulo, v. 13, n. 2, p. 1-25, 2022.

OLIVEIRA, M. M. **Como fazer pesquisa Qualitativa?** Petrópolis: Editora Vozes, 2007

SALES, A. M. V. M. A Resolução de Problemas na Formação Inicial de Professores de Química. 2017. 152 p. **Dissertação** (Mestrado). Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, 2017.

SALES, A. M. V. M.; BATINGA, V. T. S. Análise das percepções de licenciandos de química acerca do significado de exercício e problema. In: CAMPOS, A. F.; BATINGA, V. T. S. (Orgs). **Experiências de Pesquisa**

sobre Resolução de Problemas no Ensino das Ciências: contextos de investigações. Recife: Ed. EDUPE, 2022. p. 25-43.

SILVA, S. P.; BATINGA, V. T. S. Ensino e Aprendizagem Baseados na Resolução de Problemas: um processo formativo no mestrado em ensino das ciências. In: CAMPOS, A. F.; BATINGA, V. T. S. B. (Orgs). **Experiências de pesquisa sobre resolução de problemas no ensino das ciências.** Recife: Ed. EDUPE, 2022, p. 137-162.

SOUZA, Y. K.; OLIVEIRA, R. C. B.; SOUZA, A. N. Concepções de manejo de resíduos químicos por parte de um grupo de licencandos em Química do CAA/UFPE. **Revista Docência no Ensino Superior**, Belo Horizonte, v. 8, n. 1, p. 205-225, 2018. DOI: <https://doi.org/10.35699/2237-5864.2018.2337>.

VASCONCELOS, C.; ALMEIDA, A. **Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas no Ensino das Ciências: Propostas de Trabalho para Ciências Naturais, Biologia e Geografia.** Porto, Portugal: Porto Editora, 2012.

VEIGA SIMÃO, A. M.; FRISON, L. M. B. Autorregulação da Aprendizagem: abordagens teóricas e desafios para as práticas em contextos educativos. **Cadernos de Educação**, Pelotas, v. 45, n. 2, p. 2- 20, 2013.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem.** Edição eletrônica: Ed Riendo Castigat More, 2001.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente.** 4 ed. São Paulo: Martins Fontes. 1991.

XAVIER, A. C. D.; SILVA, E. S.; SOUSA, Y. K. O mapa conceitual para desenvolvimento da autorregulação da aprendizagem da aprendizagem de pós-graduandos. **Revista Currículo e Docência**, Caruaru, v. 3, n. 2, p. 111-133, 2021.

RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS NO ENSINO DE FÍSICA NA PERSPECTIVA HISTÓRICO- CULTURAL DE VYGOTSKY: UMA REVISÃO DE PESQUISAS NO ENSINO MÉDIO

Hemily Eduarda Santos

Gabriela Rejane Silva de Medeiros

Verônica Tavares Santos Batinga

INTRODUÇÃO

A abordagem de Resolução de Problemas (RP)⁵ é uma metodologia de ensino e aprendizagem, que tem como princípio a apresentação e resolução de problemas, que visam a introdução de diversos conteúdos e conceitos, o desenvolvimento de processos cognitivos e habilidades científicas, da autonomia, reflexão, tomada de decisão, em diferentes contextos, buscando o interesse e motivação dos estudantes para aprender (BARROWS, 1986; SILVA, SÁ e BATINGA, 2019).

De modo a corroborar estas competências que a RP busca promover no processo de ensino e aprendizagem, destacamos a Base Nacional

5 Trabalho apresentado no IX Congresso Internacional das Licenciaturas – VII COINTER PDVL, online, 2022.

Comum Curricular (BNCC), que pontua aspectos importantes sobre o ensino integral:

Requer o desenvolvimento de competências para aprender a aprender, saber lidar com a informação cada vez mais disponível, atuar com discernimento e responsabilidade nos contextos das culturas digitais, aplicar conhecimentos para resolver problemas, ter autonomia para tomar decisões, ser proativo para identificar os dados de uma situação e buscar soluções, conviver e aprender com as diferenças e as diversidades (BRASIL, 2018, p.9).

Seguindo essa mesma direção, o ensino médio tem como objetivo o desenvolvimento do pensamento lógico pelos estudantes, e formar cidadãos éticos e autônomos. Sendo uma das funções da instituição de ensino a promoção do pensamento lógico (TALÍZINA, 1988; BRASIL, 2018). Para Vigotsky (2002), esse pensamento é resultado de uma construção histórico, cultural e social, no entanto, muitas vezes, as escolas oferecem aos estudantes um ensino fragmentado e descontextualizado, que pode dificultar a formação deste pensamento.

Dessa maneira, foi necessário elaborar meios para que ocorra os processos de internalização dos conceitos pelos estudantes alcançando um nível satisfatório de habilidades e competências a serem desenvolvidas buscando um alto grau de independência, generalização e de consciência. Para isso ocorrer são necessárias atividades que promovam a tomada de consciência pelos sujeitos (VYGOTSKY, 2002).

Portanto, buscamos responder a seguinte pergunta: Quais são as principais abordagens presentes nas pesquisas relacionadas à Resolução de Problemas na perspectiva da teoria histórico-cultural de Vygotsky no ensino de física desenvolvidos com alunos do ensino médio?

Com isso, nosso objetivo é identificar e analisar as temáticas/abordagens/aspectos que emergem de um levantamento bibliográfico de pesquisas relacionados à Resolução de Problemas no ensino de física, desenvolvidas com alunos do ensino médio por meio da análise de conteúdo qualitativa. Buscamos identificar se as pesquisas sobre a Resolução de Problemas estão fundamentadas na perspectiva da teoria históri-co-cultural de Vygotsky, no recorte temporal de janeiro de 2016 até abril de 2022, focando em quais são as naturezas dos problemas apresentados e quais pressupostos da teoria de Vygotsky estão sendo adotados nos estudos analisados. E para situar o leitor também trouxemos quais são as temáticas selecionadas para desenvolver a resolução de problemas no ensino de física, e em qual série do ensino médio esta metodologia de ensino se faz mais presente.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Barrows (1986) discorre sobre problema no contexto da sala de aula. Enquanto para Vygotsky este termo problema se relaciona com o processo de humanização. Ele não faz distinção sobre as características e conceituação de problema, o que pode se configurar como uma lacuna no âmbito educacional (GEHLEN; DELIZOICOV, 2012).

Nessa direção, Gehlen e Delizoicov (2012) afirmam que é necessário estudar a produção de pesquisas que se ancoram na percepção de problema segundo Vygotsky, para entender quais tipos de problemas estão sendo desenvolvidos, e que buscam promover o processo de humanização. Sendo assim, apresentaremos nas seções seguintes algumas tipologias de problemas.

TIPOLOGIAS DO PROBLEMA

O termo problema vem sendo estudado há muito tempo e por diversos autores (LAUDAN, 1977; VYGOTSKY, 1998; ECHEVERRÍA; POZO 1998; POZO; CRESPO, 1998; SOCKALINGAM, ROTGNAS; SCHMIDT, 2011; GEHLEN; DELIZOICOV, 2012; VERÍSSIMO; CAMPOS, 2011; BATINGA, 2010), sendo discutido diferentes tipos de problemas, dependendo do contexto e de como ele tem sido usado. Logo, uma das nossas categorias para a análise de conteúdo será a tipo do problema.

A resolução de problemas vem sendo adotada como um dos processos de ensinar e aprender ciência e sobre a ciência, envolvendo etapas de investigação, que partem de problemas, permitem o levantamento e/ou testagem de hipóteses, coleta, registro e análise de dados, divulgação de resultados e sistematização do conhecimento, levando em conta o contexto escolar.

Um problema pode associar teoria e prática, estimular a criatividade e mobilizar diferentes conhecimentos e habilidades. Sendo assim, é importante diferenciarmos a ideia de exercício e problema. Um exercício possui uma solução única, direta e correta, sendo seu enunciado menos complexo do que um problema, o qual é caracterizado por não ter uma solução imediata, dando margem a diferentes estratégias de resolução e mais de uma resposta possível (CAMPOS; BATINGA, 2022).

Para Vygotsky (1998), o problema está relacionado ao processo de humanização, pois ele considera que a internalização do conhecimento científico é uma condição para o desenvolvimento cognitivo das pessoas inseridas na sociedade. O problema surge para proporcionar a criação e apropriação de signos, por isso podemos afirmar que para este autor,

os problemas são categorizados como do tipo real, pois consideram a interação do homem com o seu meio natural e social.

[...] a formação dos conceitos surge sempre no processo de solução de algum problema que se coloca para o pensamento do adolescente. Só como resultado da solução desse problema surge o conceito (VYGOSTKY, 2001. p.237).

Podemos notar que Vygotsky traz o problema como elemento mediador do conhecimento, mas não descreve um problema para sala de aula (GEHLEN; DELIZOICOV, 2013). Já Pozo e Crespo (1998) desenvolvem vários estudos para este ambiente, afirmando que os estudantes precisam reconhecer o problema, atribuindo-lhe significado, criando hipóteses para prever qual caminho/s e como podem seguir para obter uma solução.

Pozo e Crespo (1998) afirmam que os problemas podem ser do tipo: escolares, cotidianos e científicos. No problema científico não se está interessado apenas na resposta final, e sim em analisar todo o processo de resolução para entender o que é possível otimizar, e como se pode transpor aquela forma de resolver para outros campos e/ou problemas. Já os problemas que se colocam no dia-a-dia são ditos cotidianos, sendo aqueles que focam nos resultados, não valorizando muito os processos e métodos. Um exemplo desse problema seria: como manter a casa sempre arrumada? Esses são ditos “nossos problemas” que surgem de ações que realizamos ou de pessoas ao nosso redor.

Já os problemas escolares articulam os conhecimentos cotidianos e os científicos. Os alunos são apresentados a estes problemas com a intenção de gerar significado e motivação para buscar a solução, nes-

se processo são ensinados a observar e elaborar métodos/estratégias/meios usados para resolver o problema, carregando um pouco do rigor que adotado para resolver problemas científicos (BATINGA, 2011). Estes problemas são classificados como: qualitativo, quantitativo e pequenas pesquisas.

Os problemas escolares que não necessitam de cálculos para apoiar sua resolução, e sim de raciocínios teóricos são ditos qualitativos. Para o problema quantitativo predomina o uso das grandezas físicas e dados numéricos para conseguir organizar informações suficientes, levantar e/ou testar hipóteses. Logo, as estratégias para resolvê-lo estão fundamentadas no cálculo matemático, na comparação de dados, no uso de fórmulas e algoritmos (POZO; CRESPO, 1998).

As pequenas pesquisas são aquelas que cuja resolução advém de uma experiência ou uma ação prática, podendo ser realizado no laboratório ou em atividades de campo. Este tipo de problema, segundo Pozo e Crespo (1998), pode ser semelhante aos problemas investigativos, que visam aproximar o aluno do conhecimento científico a partir da resolução de problemas e questões, que necessitam do uso mais rigoroso da escrita científica, buscando que o aluno aprenda a desenvolver atividades e ferramentas mais características das realizadas pelas ciências (CARVALHO; SASSERON, 2015).

Com isso, o objetivo de construir um problema que propicie na sua resolução a vivência de um estudo investigativo é proporcionar aos alunos o desenvolvimento do pensamento científico e da criticidade. Onde o aluno desenvolverá a capacidade de ouvir, trocar ideias com seu grupo, escrever, elaborar hipóteses, desenvolver habilidades emocionais, manuais, intelectuais, de pensamento dedutivo relacionadas a ciência (BATINGA, 2011).

ASPECTOS DA TEORIA HISTÓRICO-CULTURAL

Para Vygotsky a relação do homem com o mundo não é direta, mas sim mediada, essa mediação é muito importante para o desenvolvimento das funções mentais dos indivíduos. Vygotsky estudou as funções mentais superiores dos seres humanos que ocorrem por meio da mediação. Podem-se entender funções mentais superiores a capacidade de planejar, elaborar conceitos, usar a linguagem, desenvolver uma memorização ativa e pensamento abstrato (JOENK, 2002). Considerando a plasticidade do cérebro, que pode ser moldado pela ação de elementos externos, isto implica em transformar os humanos de meros seres biológicos para sócio-históricos por meio da mediação.

Sendo a mediação toda relação entre o sujeito e o objeto, que não é direta. Vygotsky (1983a) diz que para todo problema deverá existir uma resposta, uma reação. Nesse caso, é chamado de Estímulo o problema e de Resposta à reação. Mas, para que ocorra uma resposta precisamos de um elemento mediador, que nem sempre é o professor. Oliveira (1993) ilustra essa afirmação com o exemplo de um indivíduo que coloca sua mão sobre uma vela acessa, o problema é: “o que ocorrerá com a mão do indivíduo repousada sobre a vela acesa?” A resposta do indivíduo é retirar a mão e o elemento mediador poderá ser a sensação que a chama da vela provocará em sua pele, a lembrança da dor sentida pelo indivíduo ou uma segunda pessoa informando que poderá ocorrer uma queimadura.

Portanto, a mediação pode ocorrer pela linguagem, que faz parte dos signos, eles agem como instrumentos da atividade psicológica. Além da linguagem também têm os esquemas, os mapas, desenhos, sistema de contagem, ou seja, todo tipo de signos convencionais usados nos diferentes grupos sociais (JOENK, 2002).

A linguagem (língua) é uma representação simbólica que tem grande valor para Vygotsky, tendo duas funções básicas: comunicação e pensamento generalizante. A língua foi primeiramente desenvolvida para resolver problemas de comunicação. Quando a língua se encaixa com o pensamento existe a relação dialética pensamento linguagem, denominada por Vygotsky de pensamento generalizante. Quando nomeamos algo estamos colocando-o em uma classificação. O significado de cada palavra é uma generalização ou um conceito, que são atos de pensamento (OLIVEIRA, 1995). Nem sempre esses atos ocorrem de maneira espontânea para todos os conhecimentos presentes na sociedade. Nesse sentido, Vygotsky classificou os conceitos em cotidianos e científicos.

Os conceitos cotidianos, ditos espontâneos, são os que ascendem do nível elementar para o nível concreto abrindo caminho para um conceito científico, o qual é desenvolvido no processo dialético com o conceito cotidiano. No entanto, se o sujeito tiver posse apenas dos conceitos cotidianos ele terá uma visão de mundo ligada à realidade imediata. Já quando se possui internalização de conceitos científicos a pessoa pode perceber a dinamicidade das conquistas humanas (JOENK, 2002).

Diferente dos cotidianos, os conceitos científicos precisam de um agente para que ocorra o processo de internalização. Para isso foi elaborado por Vygotsky o conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). Ele afirma que existem dois níveis relativos à ZDP, um é o nível de desenvolvimento real, que se refere ao que o sujeito já sabe. O outro é o nível de desenvolvimento potencial, caracterizando o que a criança/sujeito não tem conhecimento, mas está próximo de obter. O espaço entre esses dois níveis é chamado de ZDP representado pela seta na figura 1. Essa percepção da ZDP impacta o ser mais experiente, professores ou

a família, pois é justamente nesse momento que eles vão intervir para auxiliar as crianças/sujeitos no processo de aprendizagem.

Figura 1. Representação de onde situamos a Zona de Desenvolvimento Proximal.



Fonte: Elaborado pelas autoras (2022).

O sujeito que está em processo de aprendizagem tem uma posição muito ativa, ele se relaciona com o mundo, ele não é um ser passivo que recebe a história do mundo, a cada momento da história, ele é um sujeito pleno que age sobre o ambiente, trazendo relação de sua própria história com a situação de aprendizagem. Em outras palavras, a pessoa não absorve informações de um ambiente que é passivo, e sim de um que é estruturado pela cultura como um ambiente ativo. Além disso, a intervenção ativa do ser mais experiente no processo de desenvolvimento é importantíssima para a criança/sujeito.

ENSINO MÉDIO E AS ÁREAS DA FÍSICA

A Base Nacional Curricular (BNCC) é um documento que propõe uma educação integradora por meio da ciência e tecnologia, que apresentam uma grande influência em nosso cotidiano, contribuindo para a resolução de problemas também no contexto escolar (BRASIL, 2018).

Com relação à resolução de problemas a BNCC da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias propõe uma articulação com os conceitos e temas ligados a Matéria e Energia, Vida e Evolução e Terra e Universo no ensino médio:

Os conhecimentos conceituais associados a essas temáticas constituem uma base que permite aos estudantes investigar, analisar e discutir situações-problema que emergem de diferentes contextos socioculturais, além de compreender e interpretar leis, teorias e modelos, aplicando-os na resolução de problemas individuais, sociais e ambientais (BRASIL, 2018 p 548).

Sobre Matéria e Energia pode apresentar e resolver diversos problemas que buscam explicar, analisar e prever os efeitos das interações entre elas. Como exemplos citados na BNCC, relacionados à área da física tem-se a análise de matrizes energéticas, condutibilidade térmica e elétrica e comportamento de gases (BRASIL, 2018).

Já em Vida e Evolução e Terra e Cosmos, o objetivo é analisar a complexidade dos processos relativos à origem e evolução da Vida, do planeta e dos cosmos. Onde os estudantes consideram os modelos mais abrangentes para explicar, por exemplo, os processos estelares.

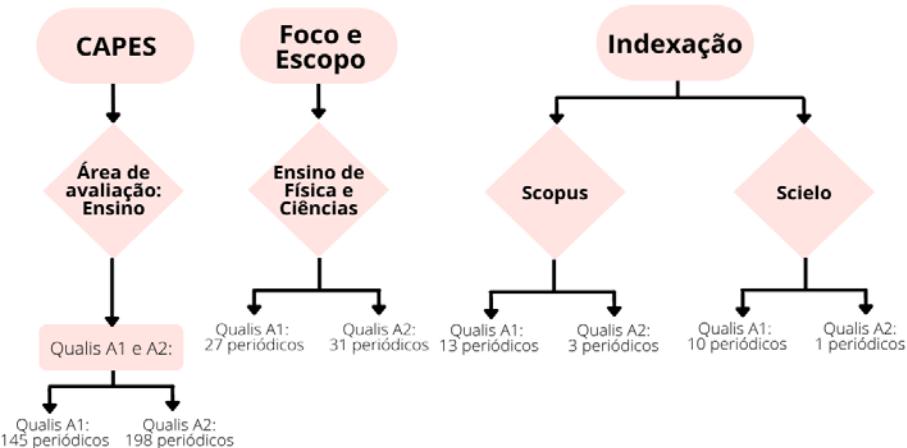
A BNCC não traz uma lista de quais conteúdos deverão ser estudados, em cada série do ensino médio, nem para cada uma das temáticas de trabalho sugeridas. Esse documento orienta que será preciso aprofundar os conteúdos estudados no Ensino Fundamental, que também abrangem as mesmas temáticas no Ensino Médio, ficando a cargo do professor fazer a transposição destes conteúdos associadas aos temas indicados.

O desenvolvimento destas temáticas associado à resolução de problemas podem proporcionar a apropriação de competências e habilidades explicitadas na BNCC, no contexto do Ensino Médio, visando melhor atender as necessidades e realidades das escolas, turmas e dos professores. Os artigos aqui analisados foram elaborados e publicados antes da BNCC ter caráter obrigatório no Brasil, por isso muitas de nossas unidades de contexto faz uso da palavra ano, que era a nomenclatura usada para indicar a série.

METODOLOGIA

O estudo é de natureza qualitativa porque busca uma interpretação dos significados manifestados pelos sujeitos e suas ações em uma realidade social (OLIVEIRA, 2005). Sendo uma pesquisa do tipo bibliográfica, que proporciona um amplo alcance de informações (LIMA; MIO-TO, 2007). A figura 2 apresenta as etapas envolvidas na delimitação dos periódicos analisados.

Figura 02. Etapas realizadas para escolha dos periódicos.



Fonte: Elaborado pelas autoras (2022).

Por meio da plataforma Capes, considerando a avaliação do quadriênio 2013-2016 na área de Ensino encontramos 145 periódicos, estrato qualis A1 e 198 A2. Desses periódicos selecionamos aqueles cujo foco e escopo de publicação contemplam as áreas de ensino de física e de ciências. Por fim, a elegibilidade dos periódicos definidos para análise se deu através de sua indexação nas bases Scopus e Scielo e do acesso livre (Figura 01).

Dentro das bases já mencionadas, buscamos artigos relacionados com a Resolução de Problema no ensino médio e que citam Vygotsky. Para isso usamos os descritores: Resolução de Problema, situação problema, problema, Aprendizagem baseada em problema e ABP. Esses termos foram usados em português, inglês e espanhol. Tivemos como retorno 1352 artigos, dentro de cada um desses artigos foi realizado uma busca pelo termo problema para verificar se eles se referiam à metodologia da RP, com isso ficamos com 168 artigos. Logo após fizemos uma busca simples das possíveis formas de se referenciar a Vygotsky e ficamos com 28 artigos. Realizada a leitura completa mantivemos os artigos do quadro 01.

Quadro 01. Trabalhos publicados nos periódicos selecionados (2016 e março de 2022) que tratam da metodologia RP ancorada em Vygotsky, com alunos do Ensino Médio na área de Física.

nº	Periódicos	Títulos dos artigos
01	Investigações em Ensino de Ciências (IEC)	O Engajamento dos estudantes em aula de Física: apresentação e discussão de uma ferramenta de análise
02	Journal of Science Education and Technology (JSET)	Kinecting Physics: Conceptualization of Motion Through Visualization and Embodiment
03	Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF)	Obtenção de nanopartículas magnéticas utilizando materiais do cotidiano: síntese, caracterização e abordagem didática para o ensino médio

04	Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF)	Unidade de Ensino Potencialmente Significativa sobre óptica geométrica apoiada por vídeos, aplicativos e jogos para smartphones
05	Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF)	Um jogo de tabuleiro utilizando tópicos contextualizados em Física
06	Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (EPEC)	Interações discursivas em pequeno grupo durante uma atividade investigativa sobre determinação da aceleração da gravidade
07	Science & Education (SE)	Teaching about energy application of the conceptual profile theory to overcome the encapsulation of school science knowledge

Fonte: Própria (2022).

Para os dados provenientes de artigos de periódicos é adequado, segundo Oliveira (2005) o processo de categorização de dados definindo os pontos que foram mais importantes e mais ressaltados nas pesquisas analisadas. Por isso, usaremos a análise de conteúdo de Bardin como método para construção das categorias e análise de dados (BARDIN, 2011).

Quadro 02. Categorias e subcategorias analíticas que emergiram dos artigos analisados.

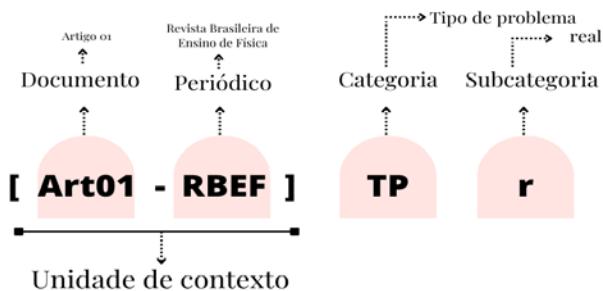
Categorias	Subcategorias
Tipo do Problema (TP)	Problema Real (pr)
	Problema Investigativo (pi)
	Situação Problema (sp)
	Problema Prático (pp)
Teoria Histórico-cultural (TH)	Zona de Desenvolvimento Proximal (zdp)
	Ferramenta (f)
	Pensamento lógico (pl)
	Signo (s)

Temáticas (T)	Matéria e Energia (me)
	Vida e Evolução (ve)
	Terra e Universo (tu)
Ensino Médio (EM)	1 ^a série (1)
	2 ^a série (2)
	3 ^a série (3)

Fonte: Elaborado pelas autoras (2022).

Ficamos com quatro categorias (quadro 02). Para a categoria Tipo de Problema, tivemos as quatro subcategorias que emergiram dos trabalhos analisados, denominadas por Bardin de categorias a posteriori. O mesmo ocorreu para as subcategorias da Teoria Histórico-cultural. Já as denominadas de Temática e Ensino Médio foram estabelecidas subcategorias a priori inicialmente, e em seguida surgiram outras elencadas por meio da leitura e análise dos artigos do quadro 01. A codificação para as unidades de contexto é apresentada na figura 03.

Figura 03. Representação do código referente às categorias e subcategorias encontradas nas unidades de contexto.



[Art01 - RBEF] TPr

Fonte: Elaborado pelas autoras (2022).

No quadro 01 apresentamos os artigos que contemplam as etapas da figura 01, realizada para a seleção e análise dos artigos neste estudo. A primeira coluna informa a numeração de cada artigo, que é representada em nossa codificação depois do termo “Art”, logo após na segunda coluna temos o periódico e entre parênteses as suas iniciais, onde usamos em nosso código para identificar de onde o artigo mencionado se encontra formando a nossa unidade de contexto (Figura 03). As categorias e subcategorias estão representadas no quadro 02, com as categorias em letras maiúsculas e as subcategorias em letras minúsculas (Bardin, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresentamos os resultados iniciando pela temática e o contexto das pesquisas na intenção de situar o leitor sobre cada artigo analisado.

TEMÁTICAS E CONTEXTO DAS PESQUISAS

O quadro 03 apresenta a classificação das subcategorias de cada trabalho analisado. Para isso, olhamos qual conteúdo específico da física foram estudados nos artigos analisados e nos apoiamos na BNCC e nas temáticas que englobam a grande área denominada ciências da natureza, composta pela física, química e biologia (BRASIL, 2018).

Quadro 03. Quadro com a categoria referente às Temáticas presentes na BNCC para o Ensino de Ciências. Apresentamos as unidades de contexto que nos levaram a inferir a que subcategoria o trabalho melhor se enquadra.

CAT.	SUBCAT.	UNIDADE DE CONTEXTO	CÓD.
Temática	Matéria e Energia	Muitos experimentos de Mecânica podem ser cronometrados por intermédio do som que produzem.	[Art06-E-PEC]Tme
		Os dados foram coletados quando da aplicação de uma sequência de ensino investigativa (SEI) sobre o tema “Dualidade Onda Partícula” em uma turma do 3º ano do ensino médio.	[Art-01-IEC]Tme
	Vida e Evolução	-----	
		Students were able to engage in and with kinematic concepts such as displacement, velocity and acceleration.	[Art02-J-SET]Ttu
	Terra e Universo	Após encerrar o conteúdo relacionado ao Sistema Internacional de Medidas (SI) e começar a trabalhar com notação científica, momento no qual foi apresentada a tabela de prefixos do Sistema Internacional de Unidades (SI).	[Art03-R-BEF]Ttu
		In physics, the principles of conservation (energy, linear, and angular momentum) make up, together with the concepts of mass, space, and time, the fundamental pillars for understanding the physical world at all scales, from subatomic processes to the whole universe, and with regard to its constitution, origins, and evolution.	[Art-07-SE]Ttu
	Não Especificada	O jogo possui 91 fases distribuídas em nove conjuntos, cada qual compreendendo um fenômeno (e.g. refração) ou instrumento óptico (e.g. lentes divergentes ou convergentes) específico.	[Art04-R-BEF]Ttu
		Jogo, as seguintes áreas da Física foram contempladas: mecânica, térmica, ondulatória, óptica e eletrromagnetismo .	[Art05-R-BEF]Tne

Fonte: elaborado pelas autoras (2022).

Em matéria e energia é contemplado o estudo de materiais e suas transformações, fontes e tipos de energia (BRASIL, 2018). A unidade de contexto [Art04-RBEF]Ttu, mostra que a pesquisa se deu justamente com os instrumentos ópticos, convencionalmente dizemos que esse

conteúdo faz parte da óptica geométrica, envolvendo assim os assuntos de óptica. Na BNCC o estudo dos instrumentos ópticos se dá na temática de Terra e Universo, enquanto que lentes corretivas, que também é um assunto de óptica, o documento base a classifica na temática de Vida e Evolução. No artigo 05 houve um trabalho com muitas áreas/conteúdos da física, o que não permitiu sua inserção em uma única categoria, ficando o [Art05-RBEF]Tne na categoria não especificada.

Além desse estudo também temos [Art02-JSET]Ttu e [Art03-R-BEF]Ttu, inseridos em Terra e Universo, com o objetivo de facilitar o processo de aprendizagem dos alunos. O artigo 02 trabalha com a área de cinemática, mais especificamente, a velocidade e aceleração e o artigo 03 com o Sistema Internacional de Unidades. Para Matéria e Energia temos os artigos 01 e 06, quadro 01, o primeiro forneceu uma caixa escura para os alunos investigarem e entenderem o funcionamento da mesma, frisando o comportamento dual da luz e o segundo trabalha com o som como ferramenta para cronometrar o tempo de queda de um objeto.

Dentre os artigos analisados, nenhum está listado na temática de vida e evolução que traz mais conteúdos voltados ao estudo dos seres vivos, suas características e necessidades, estudam a vida como um fenômeno social e natural (BRASIL, 2018). Sendo a temática de mais destaque a de Terra e universo com quatro dos sete trabalhos estudados. No quadro 4, temos as unidades de contextos referentes à série do ensino médio que a pesquisa foi desenvolvida.

Quadro 04. Quadro com a categoria referente à série do Ensino Médio. Apresentamos as unidades de contexto que nos levaram a inferir a que subcategoria o trabalho melhor se enquadra.

CAT.	SUBCAT.	UNIDADE DE CONTEXTO	CÓD.
Ensino Médio	Primeira Série	Essa abordagem didática foi realizada com alunos do primeiro ano do Ensino Médio	[Art03-RBEF] EM1
	Segunda Série	foi desenvolvida em um formato preliminar, aplicada e avaliada em duas turmas do segundo ano do Ensino Médio	[Art04-RBEF] EM2
		A turma participante da atividade era formada por 32 alunos do 2º ano do Ensino Médio	[Art06-EPEC] EM2
		we draw upon the Conceptual Profile Theory to discuss the negotiation of meanings related to the energy concept in an 11th grade physics classroom.	[Art08-SE] EM2
	Terceira Série	O público alvo foram alunos das turmas do terceiro ano do Ensino Médio (51 alunos no total), sendo a primeira unidade com 26 alunos e a segunda com 25.	[Art05-RBEF] EM3
	Não Identificado	Os dados foram coletados quando da aplicação de uma sequência de ensino investigativa (SEI) sobre o tema “Dualidade Onda Partícula” em uma turma do 3º ano do ensino médio .	[Art01-IEC] EM3
		This study examined the use of 3D simulation to support the teaching of Newton's laws of motion in a secondary physics classroom.	[Art02-JSET] EMni
		Para tanto, elaboramos problemas para serem aplicados com alunos do Ensino Fundamental (RIBEIRO; PASSOS; SALGADO, 2019a), Ensino Médio regular (RIBEIRO; PASSOS; SALGADO, 2018a)	[Art07-EPEC] EMni

Fonte: Própria (2022).

Dentre os artigos dois não foram identificados quanto ao contexto que foram aplicados, sendo eles o artigo 02 e 07. Mas o quadro 4 expõe que ambos foram aplicados no ensino médio, sendo ambos foram analisados por fazer parte de nosso critério de inclusão.

TIPOLOGIA DO PROBLEMA

Os artigos analisados apresentaram quatro tipos de problemas, dentre eles temos os problemas investigativos, dito por Carvalho (2013) como problemas experimentais ou não experimentais. É possível ver essa descrição nas unidades de contexto [Art01-IEC]NPpi, [Art06-E-PEC]NPpi e [Art07-SE]NPpi no quadro 05.

Quadro 05. Quadro com a categoria referente à natureza do problema, com as subcategorias que emergiram dos trabalhos analisados e as unidades de contexto responsáveis pelas inferências.

CAT.	SUBC.	UNIDADE DE CONTEXTO	CÓD.
Tipologia do Problema	Problema Real	os estudos da Matemática poderiam ser ensinados nas escolas na forma de atividades lúdicas, empregando para isso discussões através de problemas concretos do cotidiano como o comércio	[Art05-R-BEF] NPpr
		O jogo de tabuleiro proposto foi desenvolvido para auxiliar nas discussões com alunos do ensino médio sobre diversos conteúdos de Física, sendo contextualizados com problemas do cotidiano .	[Art05-R-BEF] NPpr
		They attribute this to the types of peripheral knowledge necessary to decipher and categorize relevant information embedded within real-world problems .	[Art02-J-SET] NPpr
	Problema Prático	Além disso, o estudo desse tema passou a fazer sentido e se tornou interessante, também, pelo motivo de que os alunos foram desafiados com um problema prático .	[Art03-R-BEF] NPpp
	Situação Problema	Essa primeira situação-problema, inserida pelo professor, tem como objetivo investigar a presença dos seguintes subsunções nas estruturas cognitivas dos estudantes	[Art04-R-BEF] NPsp
	Problema investigativo	activities oriented toward learning to do science and learning about science as a process of inquiry .	[Art07-SE] NPpi
		Toda a atividade foi conduzida pela professora na perspectiva do ensino por investigação (AZEVEDO, 2004), com muitos momentos de discussões, reflexões e de protagonismo dos estudantes na resolução ao problema proposto.	[Art06-E-PEC] NPpi
		permanece entre estas a concepção de um modo de levar os estudantes a terem contato com algumas destas práticas científicas, representando ações manipulativas e intelectuais na resolução de problemas e no entendimento de fenômenos.	[Art01-IEC] NPpi

Fonte: Própria (2022).

Os artigos 03 e 05, quadro 01, foram enquadrados na subcategoria de problema real [Art03-RBEF]NPpr e [Art05-RBEF]NPpr, no entanto ambos apresentam suas temáticas mas não apresentam o problema usado, apenas é citado o que apresentamos nas unidades de contextos caracterizando-os em problema real.

Já no artigo 02 [Art02-JSET]NPpr, foi utilizado um software, onde os alunos puderam experimentar velocidades e acelerações e não apenas fazer medições. A partir dessa ferramenta, os alunos puderam estudar os gráficos reais, no entanto, alguns gráficos foram considerados muito difíceis, fazendo com que os alunos desistissem. Segundo Pozo (1998), um problema precisa ter um nível de dificuldade para não ser banalizado pelo aluno, mas não pode estar muito acima dos conhecimentos dos estudantes, pois isso os desmotivam.

Por fim, para a situação problema, usada pelo artigo 04, foi desenvolvido uma sequência de aula onde os alunos tiveram acesso a um jogo sobre óptica geométrica.

TEORIA HISTÓRICO-CULTURAL

Nesta seção, como os artigos acabam apresentando-se em mais de uma subcategoria, respeitando o princípio de exclusividade das unidades de contexto definidas por Bardin (2011), vamos explicitar começando pelo artigo 01 que deu destaque a linguagem, olhar quadro 06 [Art01-IEC]THs, trazendo a sua função cultural e psicológica como funções que caminham juntas. Em seu processo metodológico é apresentado como esse signo proporciona aos estudantes o envolvimento com outros pensamentos e os desenvolvimentos dos seus.

Quadro 06. Quadro com a categoria referente à Teoria Histórico-cultural, com as subcategorias que emergiram dos trabalhos analisados e as unidades de contexto que nos levaram a inferir a que subcategoria o trabalho melhor se enquadra.

CAT.	SUBC.	UNIDADE DE CONTEXTO	CÓD.
Teoria Histórico-cultural	Signos	a discussão e o debate com outras pessoas, em pé de igualdade, pode ampliar a compreensão do indivíduo sobre determinado tema, pois o leva a pensar junto a outros...]	[Art06-E-PEC] THs
		A linguagem é também nossa ferramenta cultural essencial ± nós a usamos para compartilharmos experiências e, desta forma, coletivamente dar sentido a elas. A linguagem é um meio para transformar as nossas experiências em cultura e entendimento.	[Art-01-IEC] THs
		First, this theory is based on a solid sociocultural framework which considers conceptualization as an emergent process always produced through the interaction between an individual and some external event or experience	[Art-07-SE] THs
		By the same token, developmental science suggests that bodily action is central to conceptual development (Abrahamson and Lindgren 2015). This was stated by Vygotsky (1962), "the word is not the beginning—action was first"	[Art02-J-SET] THs
		Para Vygotsky a definição de aprendizado para o aluno ocorre quando a ação ou a mediação de outro indivíduo for eficaz para o seu desenvolvimento,	[Art05-R-BEF] THs
	ZDP	Por conta disso, a atividade investigativa e, em especial, a interação em pequeno grupo, pareceram incidir na ZDP dos alunos. Observou-se, assim, a importância que a interação entre pares pode ter no desenvolvimento cognitivo e nos processos de construção mediada de sentidos em ciências.	[Art06-E-PEC] THzdp
		"[...] é a distância entre o atual nível de desenvolvimento determinado pela capacidade de resolver um problema individualmente e o nível de desenvolvimento potencial determinado por meio da capacidade de resolver um problema sob a orientação de um adulto ou em colaboração com um colega mais capaz".	[Art05-R-BEF] THzdp
	Pensamento lógico	Both of these ideas suggest "the roots of logical thought are not to be found in language alone... But... More generally in the coordination of actions, which are the basis of reflective abstraction" (Piaget 1968).	[Art-02-J-SET] THps
Ferramentas	Ferramentas	These findings encourage the use of these technologies as a pedagogical tool in instructional practices. The social actions of embodiment draw upon Vygotsky's (1978) notion of tools to manipulate and transform environmental elements, convert these into symbolic representations (e.g., physics formulae) that promote understanding, and create an internal representation that allows for understanding.	[Art02-J-SET] THf
		A proposta didática, além de promover uma inter-relação entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, também foi planejada levando em consideração aspectos de teorias de aprendizagem construtivistas, que valorizam o conhecimento prévio dos alunos e a proposta de materiais potencialmente significativos e relacionados ao contexto dos estudantes.	[Art03-R-BEF] THf
Desenvolvimento Cognitivo		contando com elementos presentes em outras contribuições nos campos do desenvolvimento e da cognição, como a teoria interacionista social de Vygotsky [28],	[Art04-R-BEF] TH

Fonte: Própria (2022).

Outra maneira de mediação é a partir de ferramentas, dispostas no artigo 02 [Art02-JSET]THf, que faz uso do software com o intuito de diminuir a distância entre o conceito de velocidade e aceleração que os livros trazem com a realidade dos alunos. Além disso, [Art02-JSET]THps nos mostra que a análise dos dados se deram considerando as funções superiores dos alunos, outro aspectos que encontramos na teoria de Vygotsky. De modo similar, o artigo 03 também fez o uso da mediação por meio de ferramentas [Art03-RBEF]THf, sendo eles materiais que se relacionam com o contexto dos alunos.

O artigo 04, [Art04-RBEF]TH cita de forma brevíssima a teoria de Vygotsky em um único momento do artigo e não volta a mencioná-la, fragilizando a nossa pesquisa acerca de quais contribuições foram relevantes para seu estudo.

Os artigos 05 e 06 se apresentam nas mesmas duas categorias, nas unidades de contextos [Art05-RBEF]THs e [Art06-EPEC] THs, temos a linguagem como mediação que auxilia os alunos a passarem pela ZDP objetivando chegar ao nível de desenvolvimento potencial. Além disso, ambos trabalham o conceito de ser mais capaz quando estão na ZDP, [Art05-RBEF]THzdp e [Art06-EPEC]THzdp, onde essa pessoa não necessariamente é o professor e sim um colega de classe que já possui o conhecimento necessário, enfatizando a aprendizagem por pares. Por fim, o artigo 07, [Art07-SE]THs se refere ao uso da linguagem como a maneira de mediação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta pesquisa percebemos que o termo problema apresenta um caráter polissêmico e, é adotado como uma atividade introdutória da metodologia de resolução de problemas.

Nos trabalhos analisados conseguimos perceber o aluno como protagonista, como um ser ativo que participa de seu processo de ensino e aprendizagem. Sendo nítida uma relação horizontal entre aluno e professor, proporcionando um ensino mediado pelo problema, conforme discorre Vygotsky. Além disso, os signos e as ferramentas que são formas de mediar a relação do aluno com o conteúdo abordado estão presentes nos artigos analisados. Sendo a linguagem o signo mais usado.

Quanto aos problemas apresentados preservamos a nomenclatura apresentada por cada artigo, pois dependendo do teórico adotado elas podem mudar o sentido. Existe uma semelhança entre o problema investigativo e problema prático presente nos artigos 01, 03, 06 e 07 (Quadro 3).

Os trabalhos 02, 04 e 06 usaram ferramentas tecnológicas como facilitadores do ensino e aprendizagem. Os demais artigos tiveram outras características marcantes como, atividades investigativas com experimentos, situações problemas, jogo analógico e debates.

Durante a análise observamos que nenhum dos artigos apresentou como objetivo estudar a eficiência da metodologia de resolução de problemas. Atrelamos a isso a quantidade de tempo que a esta já vem sendo usada em diversas áreas, trazendo a ela validade. A metodologia foi usada como recurso para promover outras habilidades e não apenas a de resolver problemas, como por exemplo, promoção do engajamento, investigação de situações simuladas e verificação de consolidação de conceitos.

Por fim, percebemos que os autores que se baseiam em Vygotsky nas pesquisas analisadas não fazem uma ligação direta sobre a percepção deste teórico com relação ao termo problema. Os artigos analisados trazem os termos formas de mediação, aspectos culturais da teoria, pro-

cessos de internalização relativos à aprendizagem e aspectos psicológicos da teoria.

REFERÊNCIAS

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2011. 229 p.

BATINGA, V. T. S. **A abordagem de resolução de problemas articulada a atividades experimental no ensino de química**. Texto didático. Universidade Federal de Pernambuco. Caruaru, 2011.

BRASIL. **Lei no 9394 de 20 de dezembro de 1996**. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Brasília, 1996.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base nacional comum curricular**. Brasília, DF: MEC, 2018.

CAMPOS, A.F. BATINGA, V. T. S. **Experiências de pesquisa sobre resolução de problemas no ensino das ciências: contextos de investigação**. Recife, PE: Editora Universidade de Pernambuco, 2022. E-book.

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

GEHLEN, Simoni Tormöhlen; DELIZOICOV, Demétrio. **A dimensão epistemológica da noção de problema na obra de vygotsky: implicações no ensino de ciências** (The epistemological dimension of the concept of problem in the Vygotsky's work: Implications for science teaching). *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 17, n. 1, p. 59-79, 2012.

GONZÁLES, A. E.; DEL VALLE, A. L. **El Aprendizaje Basado en Problemas**: Una propuesta metodológica en Educación Superior. Madrid, España: Narcea Ediciones. 2018.

JOENK, Inhelora Kretzschmar. **Uma Introdução ao Pensamento de Vygotsky An Introduction to the Thought of Vygotsky.** Revista Linhas, v. 3, n. 1, 2002.

LIMA, Telma Cristiane Sasso de; MIOTO, Regina Célia Tamaso. **Procedimentos metodológicos na construção do conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica.** Revista Katálysis, v. 10, p. 37-45, 2007.

OLIVEIRA, Marta Kohl de. **Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento um processo sócio-histórico.** 3. ed. São Paulo: Scipione, 1995.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A Solução de Problemas nas Ciências da Natureza.** In: POZO, J. I. (org) **A Solução de Problemas: aprender a resolver, resolver para aprender.** Tradução Beatriz Neves. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

RIBEIRO, D. C. A.; PASSOS, C. G.; SALGADO, T. D. M. **A metodologia de resolução de problemas no ensino de ciências:** as características de um problema eficaz. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte), v. 22, 2020.

RIBEIRO, L. R. C. **Aprendizado baseado em problemas.** São Carlos: UFSCAR; Fundação de Apoio Institucional, 2008.

SARMENTO e SOUZA, M. F.; VIDOTTI, S. A. B. G.; FORESTI, M. C. P. **Critérios de qualidade em artigos e periódicos científicos:** da mídia impressa à eletrônica. Transinformação, Campinas, v. 16, n. 1. 2004.

TALÍZINA, N. F. **Psicología de la enseñanza.** Moscú: Progreso, 1988.

VYGOTSKY, L. S. **Formação social da mente:** o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. São Paulo: Martins Fontes, 2002.

PESQUISAS SOBRE JOGOS DIDÁTICOS NO ENSINO DE QUÍMICA NA PERSPECTIVA HISTÓRICO-CULTURAL

Maria Rúbia Viana de Freitas
Verônica Tavares Santos Batinga

INTRODUÇÃO

A história contemporânea dos jogos remete à Grécia e Roma antigas, cujos filósofos Aristóteles e Platão ressaltavam a importância do brinquedo para a educação, enfatizando a relevância de se aprender brincando (KISHIMOTO, 2011). Entretanto, ainda existem receios envolvendo parte da comunidade educacional referente à sua adoção como estratégia didática. Podem-se destacar questões relacionadas com as dificuldades quanto ao referencial teórico que envolve os jogos, além de uma carência de diálogo entre o uso dos jogos, fundamentado em teorias de ensino e aprendizagem.

Os estudos envolvendo o tema jogos no ensino de Química são mais recentes. Rezende e Soares (2019) apontam que foi a partir da primeira década do século XXI que se percebeu um aumento significativo na quantidade de jogos aplicados ao ensino de Química. Todavia, mesmo que exista uma crescente produção nesta área, e que tal estratégia didática propicie a motivação dos alunos e que se reconheça o seu poten-

cial pedagógico no processo de ensino, algumas pesquisas apresentam ausência de uma fundamentação teórica consistente para dar suporte às ações realizadas pelos estudantes nas atividades com jogos, que possam contribuir com a aprendizagem conceitual, procedural e atitudinal.

A carência sobre reflexões e discussões fundamentadas sobre o jogo didático, com base nas teorias do desenvolvimento e da aprendizagem podem ser vistas nas afirmações de Garcez (2014, p. 28), quando salienta que: “[...] observa-se propostas muito interessantes, contudo, ao socializá-las com a comunidade acadêmica, o autor não consegue expressar a riqueza da atividade desenvolvida”. A autora ainda complementa destacando que se verifica uma tendência a conclusões vazias sobre o lúdico e sua influência no ensino de química.

Ratificando essa ideia, Soares (2016) em seu estudo sobre jogos e atividades lúdicas no ensino de química: uma discussão teórica necessária para novos avanços, notou que no decorrer dos anos há uma melhoria nos trabalhos, mas ainda há vários problemas relacionados principalmente ao uso inadequado das teorias envolvendo jogos, bem como a não discussão de questões de ensino e aprendizagem, pois parte dos trabalhos trazem apenas relatos de aplicação de jogos. Assim, mesmo que o número de trabalho envolvendo jogos didáticos em Química tenha aumentado a passos largos ano após ano, o que se observa é que pouco são os casos em que há um planejamento com vistas às abordagens didáticas que podem ser exploradas com o uso dos jogos, como por exemplo, a resolução de problemas.

Este planejamento é primordial e requer que as intencionalidades do jogo, do professor e os objetivos de aprendizagem sejam seguidos de uma discussão teórica fundamentada para que o uso do jogo didático

apresente maiores possibilidades de alcançar os resultados almejados e, de fato, possa potencializar a aprendizagem dos estudantes.

Quando a atividade que envolve o jogo não é bem elaborada, sem apresentar um diálogo explícito e consistente com a teoria que o sustenta corre-se o risco de cair no espontaneísmo durante seu planejamento e aplicação. Contudo, quando planejado com base em aporte teórico adequado, o jogo didático se configura como uma metodologia de ensino/estratégia didática versátil e rica em possibilidades, que devidamente explorada pode acarretar em êxito para o processo de construção/apropriação de conceitos científicos no contexto escolar/acadêmico.

Na concepção histórico-cultural a atividade lúdica, como por exemplo, os jogos, tal qual é executado pelos homens, tem natureza social possibilitando a socialização e a construção social de entendimentos. Para Vygotsky, a brincadeira tem dois aspectos importantes – o desenvolvimento intelectual (funções psíquicas) e o desenvolvimento da esfera afetiva (PRESTES, 2012).

Em concordância a essa ideia, Messeder Neto (2016) aponta que o jogo é uma forma de auxiliar no desenvolvimento das funções psíquicas que ainda não foram amplamente desenvolvidas pelos estudantes, ou seja, ajudá-los na apropriação do conhecimento científico, fazendo com que eles sejam encaminhados para atividades de ensino, como por exemplo, a resolução de problemas.

Desta forma, as interações sociais e dialógicas presentes no ato de jogar podem favorecer a elaboração e reformulação de estratégias de resolução de problemas pelos alunos, e a apropriação do conhecimento científico discutido por meio do uso do jogo.

Nessa perspectiva, Vygotsky (1978) afirma que as mais elevadas funções mentais do indivíduo emergem de processos sociais. Cabe des-

tacar ainda que a interação social não se define apenas pela comunicação entre o professor e o aluno, mas também pelo ambiente em que a comunicação ocorre, de modo que o aprendiz pode interagir com outros alunos, com problemas reais ou fictícios, com conhecimentos a serem internalizados, com especialistas, fontes de informações e estratégias diversas apropriadas a certo contexto.

Diante do exposto, e considerando a expansão das pesquisas e publicações na área de ensino de ciências e química nos últimos anos, devido ao aumento no quantitativo de Programas de Pós-Graduação, grupos de pesquisa, periódicos e eventos nesta área, este estudo centra-se na identificação e análise de jogos no ensino de química, com base na perspectiva histórico-cultural, em periódicos científicos selecionados.

Destaca-se que este trabalho não busca fornecer um panorama total a respeito do tema investigado, mas sim, de iniciar uma vertente de discussão. Levantamentos e revisões de outras publicações, como trabalhos publicados em anais de eventos, dissertações e teses podem ser realizados em pesquisas futuras e, certamente, farão emergir novas discussões e contribuições acerca do objeto de estudo.

Tendo como base as considerações apresentadas, esse estudo tem como objetivo analisar pesquisas que abordam o uso de jogos no ensino de química na perspectiva Histórico-Cultural, segundo Vygotsky, no período de 2014 a 2020.

METODOLOGIA

Esse estudo é de natureza qualitativa e corresponde a uma revisão de literatura, que de acordo com Massoni (2017) consiste na exposição da produção intelectual já elaborada sobre o tema da pesquisa. Neste trabalho a revisão visa reunir evidências para responder às per-

guntas norteadoras e objetivos, utilizando uma metodologia criteriosa para realizar uma análise críticados resultados (SAMPAIO; MANCINI, 2007).

Para tal, foi feito um levantamento bibliográfico em alguns periódicos nacionais einternacionais no período de 2014 a 2020, procurando responder as perguntas norteadoras da pesquisa: “1. Quais os conteúdos/conceitos de química foram mais abordados nos jogos? 2. Emque nível de ensino os estudos foram realizados? 3. Há uma discussão explícita do referencial teórico adotado, especificamente, da Psicologia Histórico Cultural – PHC, nos trabalhos que envolvem o uso de jogos no ensino de química? 4. Quais os conceitos/concepções da PHC quevêm sendo adotadas para fundamentar aspectos teóricos e metodológicos dos jogos utilizados,de modo que se pode possibilitar a apropriação de conceitos/conteúdos químicos?”. Todos os resultados foram organizados, tabulados e sistematizados. Na sequência procedeu-se a análise descritiva e interpretativa dos dados coletados e construídos.

A busca foi feita em periódicos classificados no extrato mais recente do qualis Capes A1(Ciências & Educação, Enseñanza de las Ciencias – REEC e Educación Quimica), qualis A2 (Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências - RBPEC e Investigações em Ensino de Ciências - IENCI) e qualis B1 (Química Nova na Escola - QNEsc). A justificativa para escolha desses periódicos se deu por serem relevantes para a publicação de pesquisas na área de ensino de ciências e química. Os termos utilizados na busca foram: (“jogo” OR “jogo didático” OR “jogo educativo” OR “jogo pedagógico”) AND (“ensino de química”) AND (“psicologia histórico-cultural” OR “Vigotski” OR “Vygotsky”).

Os critérios de inclusão e exclusão dos artigos analisados foram adotados nas duas fases de triagem que aconteceram na pesquisa. Na

primeira foi realizada a leitura dos títulos, palavras-chave e resumos de todos os artigos encontrados durante a busca no site dos periódicos. Na segunda fase foi feita a leitura dos trabalhos na íntegra.

Os critérios de inclusão (CI) utilizados foram: CI 01 - Trabalhos publicados entre 2014 e 2020; CI 02 - Artigos completos disponíveis nos sites dos periódicos na internet; CI 03 – Artigos relacionados a jogos no ensino de química. Além disso, a triagem considerou ainda os seguintes critérios de exclusão (CE): CE 01 - Trabalhos duplicados; CE 02 - Trabalhos que no resumo não apareça o conjunto de palavras dos comandos de busca (Jogo didático + ensino de química + perspectiva histórico cultural) e CE 03 – Artigos de Análise de tendência/Revisão sistemática/Estado da arte. As categorias estabelecidas a priori para análise dos artigos delimitados foram: Conteúdo abordado pelo jogo, nível de ensino de aplicação do jogo, referencial teórico explícito adotado e conceitos relativos ao referencial adotado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A busca realizada nos periódicos selecionados, a priori, resultou no total de 27 artigos. A distribuição dos artigos encontrados de acordo com o recorte temporal é apresentada na tabela 1:

Tabela 1: Distribuição dos artigos nos periódicos

Periódicos	Qualis	Período de Análise							Total de artigos
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Ciência & Educação	A1	-	-	-	1	-	-	1	2
Educación Química	A1	1	-	-	-	-	-	-	1
REEC	A1	-	-	-	-	2	-	-	2
IENCI	A2	-	-	-	-	-	1	3	4
RBPEC	A2	-	1	-	1	2	1	-	5

QNEsc	B1	1	2	2	1	3	1	3	13
								27	

Fonte: Elaborada pelas autoras, 2021

É possível perceber que o jogo compreendido como uma atividade social e cultural está presente há muito tempo em nossas vidas, entretanto no contexto escolar e acadêmico trata-se de uma metodologia de ensino/estratégia didática que precisa ser melhor vivenciada, estudada e aprofundada teoricamente pelos professores e pesquisadores da área de ensino química. O resultado da análise dos artigos nos periódicos selecionados evidenciou uma quantidade pequena de estudos envolvendo jogos no ensino de química, que vem sendo publicados nestes veículos de divulgação de pesquisa científica.

Para Soares (2016) muitos trabalhos não são aceitos para publicação em periódicos científicos por serem incipientes em termos de pesquisa ou ainda por se tratar de relato de experiências, que necessitam de uma discussão teórico-metodológica fundamentada e adequada.

Outro fator é que os estudos sobre atividades lúdicas no ensino de química apontam logo para a elaboração e desenvolvimento de jogos, mesmo sem ter clareza dos pressupostos norteadores de tais atividades (MESSEDER NETO, 2016). E a ausência de referenciais teórico-metodológico explícitos nestes estudos reduz muito as diversas potencialidades dos jogos para o processo de ensino e aprendizagem. Alguns estudos até trazem os referenciais, mas parece não trabalhá-los/adotá-los de maneira intencional e adequada na análise dos dados e discussão dos resultados.

Sem fundamento teórico-metodológico que dê suporte, a prática que envolve a adoção de jogos recai em um modo espontâneo e não

intencional, que reflete no potencial de seu uso e contribuição em sala de aula, que não é devidamente explorado (MESSEDER NETO; MORAES RADILLO, 2016).

Embora o estudo aponte para o aumento de publicações sobre jogos no decorrer de 2014 a 2020 (Tabela 1) pode-se dizer que esta área ainda se encontra em fase de estruturação e necessita de um maior aprofundamento teórico bem como, de uma melhor compreensão do potencial do lúdico, da importância e necessidade de sua exploração frente a discussões e aprofundamentos teórico-metodológicos voltados para o ensino de química.

No decorrer da leitura dos títulos e resumos dos 27 artigos encontrados que compõem o corpus desse estudo foram identificadas pesquisas cujo foco de investigação não convergia com os objetivos deste trabalho e/ou que não se enquadram após passarem pelos critérios de inclusão e exclusão, definidos a priori e explicitados na metodologia.

Assim, chegou-se ao conjunto de quatro (4) artigos para compor o escopo de análise desta pesquisa. Fato que nos chamou a atenção, pois considerávamos que a quantidade de trabalhos que utilizariam o referencial teórico na perspectiva histórico-cultural de Vygotsky seria mais significativa, pelo fato desta teoria estar em evidência no século XXI. O detalhamento dos quatro artigos analisados é apresentado na tabela 2:

Tabela 2: Artigos incluídos para análise na revisão

PERIÓDICOS							
Nome do periódico	Qualis Capes	Palavras-chaves	Título	Código de identificação do trabalho	Autores	Ano Volume Nº	Link
Ciências & Educação	A1	Ludicidade; Jogos; Ensino de química; Psicologia histórico-cultural; Ensino superior	O jogo no ensino de química e a mobilização da atenção e da emoção na apropriação do conteúdo científico: aportes da psicologia histórico-cultural	*Ciênc. Educ.	Hélio da Silva Messeder Neto; Edilson Fortuna de Moradillo	2017 V 23 Nº 2	https://www.scielo.br/j/ciedu/a/pdKYqFTN-DWY3fwKK6B-7Q4pr/abstract/?lang=pt
Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias	A1	Jogo, zona de desenvolvimento iminente, ensino de Química.	O jogo no ensino de química e a interação entre os pares: revisando o conceito de zona de desenvolvimento iminente (ZDI)	*REEC	Hélio da Silva Messeder Neto e Edilson Fortuna de Moradillo	2018 V 17 Nº 3	http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen17/REEC_17_3_8_ex1244.pdf
Revista Química Nova na Escola	B1	Jogo didático, tabela periódica, funções inorgânicas	Jogo Didático Investigativo: Uma Ferramenta para o Ensino de Química Inorgânica	*1.QNEsc	Bruna da Silva, Márcia Regina Cordeiro e Keila Bussolani Kiill	2015 V 37 Nº 1	http://qnesc.sbj.org.br/online/qnesc_c37_1/06-R-SA-12-13.pdf
Revista Química Nova na Escola	B1	Lúdico, psicologia histórico-cultural, ensino de química	O Lúdico no Ensino de Química: Considerações a partir da Psicologia Histórico-Cultural	*2.QNEsc	Hélio da Silva Messeder Neto e Edilson Fortuna de Moradillo	2016 V 38 Nº 4	http://qnesc.sbj.org.br/online/qnesc_c38_4/11-E-QF-33-15.pdf

Fonte: Elaborada pelas autoras, 2021

A princípio o que chama a atenção é que dos 4 trabalhos selecionados, 3 deles, conforme podem ser visualizados na tabela 2 (*Ciênc. Educ.; *REEC; *2.QNEsc) são desenvolvidos pelos autores, Hélio da Silva Messeder Neto e Edilson Fortuna de Moradillo do Instituto de Química da Universidade Federal da Bahia. Fato este que aponta para uma linha de pesquisa que pode estar se estruturando com práticas endógenas. No entanto, para que a linha seja ampliada e se desenvolva, é necessária uma participação maior de outros pesquisadores e grupos de estudos e pesquisa, no intuito de uma maior diversificação na produção

e publicação, com o objetivo de possibilitar uma ampliação do diálogo entre os pares.

Uma das questões relacionadas a essa concentração, com relação aos autores, nesta temática é pontuada por Soares (2016), quando afirma que ainda há uma predominância de publicações sobre jogos em eventos científicos, e que proporcionalmente ainda estão em menor número do que outras temáticas de pesquisa publicadas em periódicos na área de ensino de química. Logo, isso dificulta a troca de informações e ampliação das discussões entre os autores. Outro aspecto é a existência de poucos grupos de pesquisa relacionados com esta temática.

Ainda segundo Soares (2016) é preciso que a temática de jogos envolva um maior quantitativo de pesquisadores, para que se possa considerar a possibilidade do lúdico se situar como uma linha de pesquisa mais abrangente na área de ensino de química ou de ensino de ciências. Pois, por enquanto, as pesquisas que envolvem jogos estão distribuídas principalmente nas linhas/eixos de ensino e aprendizagem ou materiais didáticos.

Com relação aos conteúdos de química apresentados nos quatro artigos analisados, podem-se observar assuntos como tabela periódica, funções inorgânicas e interações intermoleculares. A respeito do nível de ensino em que os estudos envolvendo jogos no ensino de química foram realizados, destacam-se trabalhos tanto no Ensino Médio (*1. QNEsc) quanto no Ensino Superior (*Ciênc. Educ.; *REEC). E os estudos apresentam abordagens de pesquisa baseadas em pressupostos qualitativos.

Foi possível perceber que há uma relação explícita do referencial teórico (PHC) adotado nos trabalhos analisados, pois a intencionalidade é verificada quando os autores utilizam concepções inerentes ao refe-

rencial Vigotskiano na introdução, no desenvolvimento e como aporte teórico-metodológico para a discussão dos resultados.

Na análise de elementos da PHC evidenciou-se a primazia da utilização de conceitos relacionados à zona de desenvolvimento proximal/iminente. Para Vygotsky (2009) aquilo que está em amadurecimento na criança/estudante é aquilo que ela não consegue fazer sozinha, mas consegue fazer em colaboração com um par mais capaz. E aquilo que ela consegue fazer em colaboração com o par mais capaz, corresponde à Zona de Desenvolvimento Iminente (ZDI). O termo iminente, de acordo com Prestes (2012) exprime as possibilidades de desenvolvimento, pois assim como em sua etimologia, ele se refere a situações que eventualmente podem acontecer, mas também podem não se concretizar se os fatores culturais e as colaborações não agirem sobre o indivíduo.

Para tal, é importante salientar que o desenvolvimento propiciado pelas interações sociais, explicitado na ZDI, nos possibilita compreender que atividade com jogos no processo educativo pode ser um sistema colaborativo e possibilita ao professor identificar o que é potencial no estudante e assim fazê-la se desenvolver.

Evidenciaram também as funções psicológicas superiores, como atenção e emoção. Para Martins (2013) as características da instrução escolar em relação ao desenvolvimento da atenção pressupõem tarefas que mobilizem o seu controle, ou seja, que determine a atenção para além do interesse imediato, circunstancial e involuntário. De tal modo, o estudante precisa aprender a prestar atenção e acostumar-se a essa ação.

E não somente as funções ditas cognitivas são desenvolvidas socialmente. De acordo com a PHC, as emoções também são aprendidas e desenvolvidas socialmente. Martins (2013) pontua que a emoção pre-

cisa de direção, visto que o homem não pode viver ao sabor de seus impulsos imediatos, mas precisa de objetividade emocional para agir. Essa regulação das emoções vem pela via do sentimento e dos conceitos nele envolvidos.

É de grande relevância trabalhos que optam intencionalmente por teorias que apresentam contribuições para o processo de aprendizagem de conceitos, por meio da implementação de jogos na área de ensino de química. Isto difere significativamente de fazer referência apenas com a simples citação do autor nas pesquisas publicadas, sem apresentar uma discussão aprofundada e intencional do referencial adotado, e articulá-lo com a abordagem de conceitos/conteúdos/temas no ensino de química por meio do lúdico, desatracando suas possibilidades e limitações. Além disso, pode-se destacar que a aprendizagem tende a ser mais potencializada quando há utilização explícita de um referencial teórico, pois permitirá um diálogo entre o jogo e a teoria adotada.

Consideramos que desde a etapa de concepção e elaboração dos jogos é preciso pensar na dinâmica de seu desenvolvimento com os estudantes, no conteúdo abordado, nos objetivos, estratégias e recursos didáticos, nas ações e interações que podem favorecer processos de ensino e aprendizagem em sala de aula. Quando não se tem uma incorporação explícita do referencial que fundamenta a concepção e uso de jogos, em especial, no ensino de química, parece que este tem a finalidade de servir apenas para a motivação dos estudantes.

CONSIDERAÇÕES

O objetivo desse trabalho foi o de analisar pesquisas divulgadas sobre o uso de jogos no ensino de química na perspectiva Histórico-Cultural, segundo Vygotsky, no período de 2014 a 2020. Os resultados

indicaram que a quantidade de pesquisas envolvendo o tema jogos tem aumentado. Entretanto, os estudos que tratam do jogo como estratégia didática no ensino de química, com base na perspectiva Histórico-Cultural (PHC), segundo Vygotsky representam um quantitativo pequeno, com relação a outros temas encontrados nos periódicos pesquisados na área de ensino de ciências/química.

Nessa direção, precisa-se avançar e desenvolver pesquisas sobre jogos que adotem a referida perspectiva como aporte teórico-metodológico para o ensino e aprendizagem de diversos conceitos de química na educação básica e superior.

Foi evidenciada a predominância de trabalhos produzidos sobre jogos na perspectiva da PHC pelos mesmos autores de uma mesma instituição. Nessa direção, percebe-se que há necessidade de ampliação da quantidade de pesquisas e diversificação de autores, que apresentem debates, divergências e convergências, limites e possibilidades a respeito do uso de jogos como estratégia didática no ensino de química.

Por fim, encontramos lacunas a serem exploradas e desenvolvidas, como por exemplo, diálogos entre a concepção, elaboração e aplicação dos jogos com as teorias do desenvolvimento e aprendizagem no contexto escolar e acadêmico.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, Maria Cristina Stella de. Ensino por Investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (org). **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

GARCEZ, E. S. C. **Jogos e atividades lúdicas em ensino de química: um estudo estado da arte.** Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.

KISHIMOTO, T. M. **Jogo, brinquedo, brincadeira e a educação.** 14.ed. São Paulo: Cortez, 2011.

MARTINS, L. M. **O desenvolvimento do psiquismo e a educação escolar:** contribuições à luz da psicologia histórico-cultural e da pedagogia histórico crítica. Campinas, São Paulo: Autores Associados, 2013.

MASSONI, N. T. Projeto de pesquisa em educação: importância, elaboração e cuidados. In: MOREIRA, M. A.; MASSONI, N. T. **Pesquisa qualitativa em educação em ciências:** Projetos, entrevistas, questionários, teoria fundamentada, redação científica. São Paulo, SP: Livraria da Física, p. 25–70, 2017.

MESSEDER NETO, H. S. **O Lúdico no Ensino de Química na Perspectiva Histórico-Cultural:** além do espetáculo, além da aparência. Curitiba: Prismas, 2016.

MESSEDER NETO, H. S.; MORADILLO, E. F. O Lúdico no Ensino de Química: Considerações a partir da Psicologia Histórico-Cultural. **Revista Química Nova na Escola**, v.38, n.4, 2016.

MESSEDER NETO, H. S.; MORADILLO, E. F. O jogo no ensino de química e a mobilização da atenção e da emoção na apropriação do conteúdo científico: aportes da psicologia histórico-cultural. **Ciências & Educação**, v.23, n.2, 2017.

MESSEDER NETO, H. S.; MORADILLO, E. F. O jogo no ensino de química e a interação entre os pares: revisitando o conceito de zona de desenvolvimento iminente (ZDI). **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v.17, n.3, 2018.

PRESTES, Z. **Quando não é quase a mesma coisa:** traduções de Lev Semionovitch Vigotski no Brasil. Campinas, SP: Autores Associados, 2012.

REZENDE, F. A. M.; SOARES, M. H. F. B. Jogos no Ensino de Química: Um estudo sobre a presença/ausência de teorias de ensino e aprendizagem à luz do epistemológico de Gowin. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.24(1), p.103 -121, abril, 2019.

SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. Estudo de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v.11(1), 2007.

SILVA, B.; CORDEIRO, M. R.; KIILL, K. B. Jogo Didático Investigativo: Uma Ferramenta para o Ensino de Química Inorgânica. **Revista Química Nova na Escola**, v.37, n.1, 2015.

SOARES, M. H. F. B. Jogos e atividades lúdicas no ensino de química: Uma discussão teórica necessária para novos avanços. **Revista Debates em Ensino de Química - REDEQUIM**, v 2, n 2, p. 5-13, out, 2016.

VIGOTSKI, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem.** Tradução de Paulo Bezerra. São Paulo: Martins Fontes, 2009.

VYGOTSKY, L. S. **Mind in Society – The Development of Higher Psychological Process.** Cambridge MA: Harvard University Press. 1978.

Mini-Currículos das Organizadoras do E-book

Angela Fernandes Campos

Possui graduação em Química Industrial pela Universidade Federal da Paraíba (1990), mestrado em Química Inorgânica pela Universidade Federal da Paraíba (1993) e doutorado em Química Inorgânica pela Universidade Federal de Pernambuco (1998). Foi vice-diretora do Departamento de Química no período de 1999-2003. Coordenadora do Curso de Especialização em Ensino de Química no período de 2008 a 2010. Diretora do Núcleo de Inovação Tecnológica da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e Coordenadora do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação ao Desenvolvimento Tecnológico e Inovação no período de agosto de 2012 a janeiro de 2014. Coordenadora do Curso de Licenciatura em Química no período de fevereiro de 2014 a junho de 2016. Atualmente é professora Titular do Departamento de Química, membro do Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências, Nível - Mestrado e Doutorado da Universidade Federal Rural de Pernambuco, membro do Mestrado profissional de Química em Rede Nacional. É coordenadora do grupo de pesquisa Ensino e Aprendizagem baseados na Resolução de Problemas (NUPEABRP) da UFRPE. Tem experiência na área de Educação Química, com ênfase em Formação de Professores e Estratégias Didáticas para o Ensino de Química.

Verônica Tavares Santos Batinga

É licenciada em Química (1999) e mestre em Ensino das Ciências (2003) pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Possui doutorado em Educação (2010) pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). É professora Associada do Departamento de Química e membro permanente dos Programas de Pós-graduação em Ensino das Ciências - nível Mestrado e Doutorado e da Rede Nordeste de Ensino, nível Doutorado ambos da UFRPE. Foi coordenadora da área de Química do Programa de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID)/UFRPE no período 2014-2016 e do Curso de Licenciatura em Química da UFRPE no período 2018-2019. Atualmente, é coordenadora do grupo de pesquisa Ensino e Aprendizagem baseados na Resolução de Problemas (NUPEABRP) certificado pelo CNPq, e da Rede Nordeste de Ensino (RENOEN), nível Doutorado, polo UFRPE. Tem experiência e interesse em pesquisas na área de Ensino de Ciências e Química, com ênfase nas temáticas: Aprendizagem baseada em Problemas nas áreas de Ciências e Química, Formação de Professores de Química, Desenvolvimento e Validação de Sequências Didáticas, Ensino por Investigação, Argumentação, Perspectiva CTS e QSC no Ensino de Química.

Mini-Currículos dos Autores - Capítulos do E-book

Danylo David de Lima Silva

É mestre em Ensino das Ciências e Matemática pelo Programa de Pós-graduação em Ensino das Ciências (PPGEC) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). É integrante do grupo de pesquisa Ensino e Aprendizagem baseados na Resolução de Problemas (NUPEABRP). É licenciado em Química e Biologia e possui especialização em Matemática, Biologia Celular e Molecular e Interpretação da Língua Brasileira de Sinais. Atualmente, é professor efetivo de Química da Secretaria de Educação e Esportes de Pernambuco (SSE/PE), atuando em uma Escola de Referência em Ensino Médio Rodolfo Aureliano. Tem interesse em pesquisas na área de ensino das ciências e matemática, com ênfase em sequências didáticas investigativas, resolução de problemas, ensino de ciências por investigação e alfabetização científica.

Gabriela Rejane Silva de Medeiros

É graduada em Licenciatura em Química pelo Instituto Federal de Pernambuco (IFPE), campus Vitória de Santo Antão. Foi bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), do Programa de Residência Pedagógica ambos financiados pela CAPES, e do PIBIC pelo CNPq. É integrante do grupo de pesquisa Ensino e Aprendizagem baseados na Resolução de Problemas (NUPEABRP), e membro do Programa Internacional Despertando Vocações para a Li-

cenciatura (PDVL). Atualmente é mestrandona Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Hemily Eduarda Santos

É mestrandona Programa de Pós Graduação em Ensino das Ciências da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Graduada em Licenciatura Plena em Física pela UFRPE. Atua como professora de Física no Invest Centro Educacional, e é integrante do grupo de pesquisa Ensino e Aprendizagem baseados na Resolução de Problemas (NUPEABRP). Foi bolsista do PIBIC pelo CNPq trabalhando com o estudo de Ecossistemas com Heterogeneidade Espacial e Competição por Recursos, integrante do PET-Física e coordenadora do projeto de ensino Coletivo Entropia.

Lucas dos Santos Fernandes

Licenciado em Química (UFRPE - 2011), Mestre em Ensino de Ciências (UFRPE - 2014) e Doutor em Ensino, Filosofia e História das Ciências (UFBA/UEFS - 2019). Professor Adjunto na Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF). Desenvolve pesquisas na área de Ensino, Filosofia e História das Ciências/Química. Participa como pesquisador do grupo de pesquisa Ensino e Aprendizagem baseados na Resolução de Problemas (NUPEABRP) da UFRPE.

Maria Rúbia Viana de Freitas

É graduada Licenciatura em Química e mestre em Educação em Ciências e Matemática pelo Programa de Pós-graduação em Educação

em Ciências e Matemática (PPGECM) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Centro Acadêmico do Agreste (CAA). Possui especialização em Ensino de Ciências pelo Instituto Federal de Pernambuco (IFPE). Atualmente é doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências (PPGEC) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Atuou como formadora pedagógica no Centro de Estudos e Formação de Professores (CEFOP) e como docente na educação básica. É integrante dos grupos de pesquisa NIDEJE da UFPE/CAA e Ensino e Aprendizagem baseados na Resolução de Problemas (NUPEABRP) da UFRPE. Tem interesse nos seguintes temas: Ensino de Química e Jogos Didáticos, Psicologia Histórico-Cultural no Ensino de Ciências e Ludicidade e Avaliação e Erro no processo de ensino e aprendizagem.

Rafael José dos Santos

É graduado em Licenciatura Plena em Química pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (2011). Atualmente é professor efetivo do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, campus Barreiros, Pernambuco. Possui experiência como docente de Química e das disciplinas de experimentos, metodologia, jogos didáticos para o ensino de química, práticas profissionais de química e trabalho de conclusão de curso I e II.

Reobe Felipe da Silva

É mestre em Química pelo Programa de Mestrado profissional de Química em Rede Nacional (PROFQUI) e graduado em Licenciatura em Química, ambos pela Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Atualmente é professor efetivo de Química da Rede Estadual de Ensino de Pernambuco. É integrante do grupo de pesquisa Ensino e Aprendizagem baseados na Resolução de Problemas (NUPEABRP) da UFRPE. Tem interesse em pesquisas na área de ensino de química, com ênfase em sequências didáticas investigativas, resolução de problemas e alfabetização científica.

Roberto Cesar Mendes Marques dos Santos

É mestre em Química pelo Programa de Mestrado profissional de Química em Rede Nacional (PROFQUI) e graduado em Licenciatura em Ciências com habilitação em Química, ambos pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). É mestre em Engenharia Química em Desenvolvimento de Processos Ambientais, Tecnologia e Meio Ambiente pela Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP). Possui especialização em Gestão e Avaliação da Educação Pública pela Universidade Estadual de Pernambuco (UPE). Foi integrante do grupo de pesquisa Ensino e Aprendizagem baseados na Resolução de Problemas (NUPEABRP). Atualmente é professor efetivo de Ciências e Matemática na Educação de Jovens e Adultos pela Prefeitura Municipal de Olinda, assistente de Gestão Escolar e professor de Química de uma Escola de Referência em Ensino Médio pela Rede Estadual de Ensino de Pernambuco. Tem interesse em pesquisas na área de ensino de química, com ênfase em sequências didáticas investigativas, experimentação e resolução de problemas, e nos seguintes temas: água, qualidade microbiológica, qualidade físico-química e efluente industrial.

Tainá Melquiádes Arrospide

É graduada em Licenciatura Plena em Química pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Atuou como bolsista no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) pelo CNPq. Atualmente é voluntária no Programa de Iniciação Científica (PIC), CNPq no Departamento de Química da UFRPE, atuando principalmente nos seguintes temas: Síntese Orgânica e Química dos Produtos Naturais.

Yrailma Katharine de Sousa

É doutoranda em Ensino de Ciências pela Universidade Federal de Pernambuco. Mestra em Educação em Ciências e Matemática pela Universidade Federal de Pernambuco e graduada em Licenciatura em Química pela mesma instituição. Trabalha como professora de Química no ensino médio da rede pública da cidade de Santa Cruz do Capibaribe, Pernambuco. É integrante do grupo de pesquisa Ensino e Aprendizagem baseados na Resolução de Problemas (NUPEABRP), atuando na temática Resolução de Problemas para a promoção da Autorregulação da Aprendizagem de Química.

AGRADECIMENTOS





Tipografias

Avenir
Minion Pro