

O ARCO-ÍRIS NO COPO: APRENDENDO SOLUÇÕES POR MEIO DO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

Rainbow in a cup: Learning About Solutions Through Inquiry-Based Learning

Simone Cristina Incote [simonemorelli2003@hotmail.com]

Caroline Chybior Granzoti [carol.granzoti@gmail.com]

Fabiana Pauletti [fpauletti@utfpr.edu.br]

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Rua Deputado Heitor Alencar Furtado, 5000 – Curitiba-Paraná

João Manoel da Silva Malheiro [joaomalheiro@ufpa.br]

Universidade Federal do Pará

Rua dos Universitários s/n. Jaderlândia. Castanhal-Pará

Recebido em: 01/08/2022

Aceito em: 25/01/2023

Resumo

A Química é um dos componentes curriculares da área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias e o estudo das Soluções está previsto dentro deste componente para a 2ª série do Ensino Médio conforme o Referencial Curricular do Estado do Paraná, utilizado nas escolas da Rede Estadual de Ensino. O Ensino por Investigação se caracteriza por uma abordagem metodológica que pode desenvolver o conhecimento científico, tendo o problema como ponto de partida. Neste artigo analisaremos as dificuldades e as potencialidades do uso dessa abordagem metodológica mediante o uso de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI). A SEI intitulada “Problema do Arco-íris no copo, ensino de Soluções” foi aplicada em uma turma com 36 estudantes, da 2ª série do Ensino Médio, de uma escola pública do estado do Paraná. As principais dificuldades encontradas na aplicação da SEI foram desde a precipitação dos estudantes em manipular o material experimental, resolver rapidamente o problema sem discutir ou elaborar um plano para sua execução, bem como o número de estudantes da turma em questão. Entre as potencialidades estão a motivação dos estudantes em solucionar o problema proposto, a possibilidade de trabalhar em equipe e ainda manipular materiais diferentes das aulas tradicionais.

Palavras-Chave: Química, Ensino por Investigação, Soluções, Arco-íris no copo.

Abstract

Chemistry is one of the curricular components of Natural Sciences and Technology, and the study of Solutions is expected to be taught in Grade 10, according to the Common Core State Standards of Paraná, which are used by the schools of the state educational system. Inquiry-based teaching consists of a teaching methodology that can develop scientific knowledge, where the problem is seen as a starting point. In this article, we would analyze the difficulties and the potentialities of using this methodological approach through an Inquiry-based Teaching Sequence (ITS). The IST entitled "Problem of the Rainbow in a cup, Teaching Solutions" was used in a 10th grade class of 36 students in a public school in Paraná. The main difficulties encountered during the use of the ITS stemmed from the students' rush in manipulating the experimental material, quickly solving the problem without discussing or devising a plan for execution, as well as the number of students in the class in question. Among the potentialities are the motivation of the students to solve the problem given, the possibility of working in teams, and the manipulation of materials different from traditional classes.

Keywords: Chemistry, Inquiry-based Learning, Solutions, Rainbow in a cup.

Introdução

A Química é um dos componentes curriculares da área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias e seu objeto de estudo é a compreensão da composição, da propriedade e da transformação da matéria, assim como o conhecimento de diversas substâncias. O Novo Ensino Médio que começou a ser implantado no Estado do Paraná em 2022 prevê um ensino contextualizado, interdisciplinar e conectado com a história do desenvolvimento da humanidade (PARANÁ, 2021).

O conteúdo denominado Soluções, é previsto, no Referencial Curricular do Estado do Paraná, para esta etapa de ensino dentro da Unidade Temática 4 denominada Química e o Meio Ambiente. Anteriormente, o conteúdo de soluções era apresentado em forma de aplicação de fórmulas de maneira pouco contextualizada e com pequena ligação com o cotidiano do estudante. Além disso, o uso estrito de fórmulas para resolução de problemas fechados limita a capacidade de investigar, elaborar hipóteses, testar e discutir com seus pares.

Neste sentido, o Ensino por Investigação surge como uma possibilidade de atender à proposta do ensino contextualizado presente na documentação vigente para o Ensino Médio e também um avanço para uma construção de conhecimento a partir de um problema proposto pelo professor (ou pelo aluno). Assim, propomos analisar as dificuldades e as potencialidades para elaboração e o desenvolvimento de uma Sequência de Ensino Investigativo (CARVALHO, 2013, 2014), proposta pelo professor, para aplicação em uma turma de Ensino Médio, com vistas à aprendizagem de conceitos relacionados ao tema Soluções.

Assim sendo, apresentamos a seguir um panorama acerca do ensino de Química nas escolas públicas no estado do Paraná e como ele deve ser abordado. Em seguida trazemos a fundamentação teórica sobre o Ensino por Investigação, suas etapas e como os erros ocorridos durante a execução de uma atividade investigativa podem ser analisados para propiciar a construção de novos argumentos.

Ensino de Química nas Escolas Públicas do Paraná

Assim como no restante do Brasil, o Paraná está iniciando em 2022 a implantação do Novo Ensino Médio a partir da primeira série (BRASIL, 2018). Assim, a segunda série do Ensino Médio em 2023 já estará em sua nova estrutura.

De acordo com o Referencial Curricular do Novo Ensino Médio do Estado do Paraná (2021), a Química é um dos componentes curriculares da área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias e seu objeto de estudo é a compreensão da composição, da propriedade e da transformação da matéria, assim como o conhecimento de diversas substâncias (PARANÁ, 2021).

O documento nos orienta de que a Química deve ser abordada de forma contextualizada e interdisciplinar, principalmente com as outras disciplinas do eixo de Ciências da Natureza e como ciência construída num processo humano e coletivo. Ademais, o Referencial Curricular do Novo Ensino Médio do Estado do Paraná, define a área de Ensino de Química como

território epistemológico ou campo do conhecimento de investigação, estudo e compreensão de identificação de dados e informações com proposição e utilização de modelos e teorias; resolução de problemas e busca de estratégias para sua solução; identificação e relação de fenômeno; e desenvolvimento de capacidade de tomada de decisões fundamentais, exigindo do cidadão-estudante um conhecimento mínimo de Química para atuar em uma sociedade tecnológica (PARANÁ, 2021, p. 459).

O documento ainda prevê que o ensino de soluções seja contemplado dentro da Unidade Temática 4 - Química e o Meio Ambiente, que deve

abordar de forma contextualizada, o estudo das soluções, assim como a coexistência de reagentes e produtos em uma reação química, considerando o estado de equilíbrio e as representações das constantes de equilíbrio em termos das concentrações das substâncias (PARANÁ, 2021, p. 470).

Para este conteúdo, denominado no documento de Estudo das Soluções, são elencadas duas Habilidades da Área de Conhecimento:

(EM13CNT104¹) Avaliar potenciais prejuízos de diferentes materiais e produtos à saúde e ao ambiente, considerando sua composição, toxicidade e reatividade, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para o uso adequado desses materiais e produtos.

(EM13CNT310) Investigar e analisar os efeitos de programas de infraestrutura e demais serviços básicos (saneamento, energia elétrica, transporte, telecomunicações, cobertura vacinal, atendimento primário à saúde e produção de alimentos, entre outros) e identificar necessidades locais e/ou regionais em relação a esses serviços, a fim de promover ações que contribuam para a melhoria na qualidade de vida e nas condições de saúde da população (PARANÁ, 2021, p. 471).

Ainda que os conceitos de soluções e os conhecimentos envolvidos neste estudo estejam previstos para o Novo Ensino Médio das escolas públicas, muito do que se ensina nas aulas desta disciplina hoje é considerada pelos estudantes como sendo difícil de aprender. De acordo com Alves e Ribeiro (2020, p. 303) é comum se ouvir dizer que a Química está presente no cotidiano do estudante, no entanto dificilmente se encontra estudantes que consigam explicar fenômenos do seu dia a dia utilizando conceitos aprendidos nas aulas de Química.

Neste sentido, se faz necessário um empenho por parte do professor para promover abordagens metodológicas para a discussão de conteúdos que permitam aos estudantes um maior envolvimento com sua própria aprendizagem. Nesse sentido, empregamos o Ensino por Investigação como uma abordagem metodológica capaz de propiciar o desenvolvimento do pensamento crítico, da resolução de problemas em grupo através da escuta e discussão de ideias e melhorar habilidades necessárias para o mundo do trabalho como o trabalho em equipe (CARVALHO, 2013). Possibilita ainda o avanço para uma construção de conhecimento pautada a partir do questionamento, tanto de estudantes como do professor, no trabalho em grupo, no levantamento de hipóteses, desenvolvimento de plano de trabalho e experimentos, sistematização do conhecimento e na escrita/desenho dos argumentos construídos coletivamente (CARVALHO, 2014).

Ensino por Investigação e o Erro como motivador da construção do conhecimento

O Ensino por Investigação se caracteriza por atividades realizadas pelos estudantes de forma a desenvolver o conhecimento científico, enfatizando a participação ativa dos estudantes na descoberta de novos conhecimentos, tanto os conteúdos conceituais como também dos conteúdos procedimentais que envolvem a construção do conhecimento científico (ZÔMPERO, LABURÚ, 2011; COELHO, MALHEIRO, 2019). Dessa forma procura-se trazer uma atividade que seja contextualizada e que se aproxime da realidade dos estudantes para que assim o conhecimento possa ser construído ajudando-os a pensarem criticamente sobre os fenômenos observados no cotidiano (COELHO, MALHEIRO, 2019).

No Ensino por Investigação o problema tem um papel fundamental no desenvolvimento da atividade, pois é através dele que os estudantes terão a oportunidade de desenvolver as características

¹ Na BNCC, assim como no Referencial Curricular do Estado do Paraná, cada habilidade é identificada por um código alfanumérico cuja composição é a seguinte: O primeiro par de letras (EM) indica a etapa de Ensino Médio; o primeiro par de números (13) indica que as habilidades descritas podem ser desenvolvidas em qualquer série do Ensino Médio, conforme definição dos currículos; a segunda sequência de letras indica a área (três letras) ou o componente curricular (duas letras): CNT = Ciências da Natureza e suas Tecnologias; Os números finais indicam a competência específica à qual se relaciona a habilidade (1º número) e a sua numeração no conjunto de habilidades relativas a cada competência (dois últimos números).

do fazer Ciência e adquirir a linguagem científica (CARVALHO, 2013). Para Piaget (1977, 1978) é a partir do problema que se dá a construção do conhecimento havendo a possibilidade de reflexão por parte dos estudantes para que eles façam conexões com conhecimentos anteriormente aprendidos.

Como já citado, o problema deve estar contextualizado, dentro da cultura e do interesse do estudante para que ele se envolva de forma ativa na busca por soluções e evidências. Nesse sentido, a contextualização é entendida como

um dos recursos para realizar aproximações/inter-relações entre conhecimentos escolares e fatos/situações presentes no dia a dia dos alunos, ou seja, toma a contextualização como metodologia de ensino, em que o ensino contextualizado é aquele em que o professor deve relacionar o conteúdo a ser trabalhado com algo da realidade cotidiana do aluno (WARTHA, SILVA, BEJARANO, 2013, p. 88).

Freire e Faundez (2017) acreditam que é por meio das perguntas que buscamos respostas e que através delas que nos inserimos no movimento interno do ato de conhecer.

Sasseron e Carvalho (2008) afirmam que através do Ensino por Investigação busca-se criar um ambiente investigativo em sala de aula de Ciências de tal forma que possamos ensinar os alunos no processo do trabalho científico para que possam gradativamente ir ampliando sua cultura científica, adquirindo, aula a aula, a linguagem científica. Essa linguagem científica se dá na transformação da palavra do cotidiano dos estudantes para uma construção de significados e conceitos aceitos pela comunidade científica.

Uma das formas de desenvolver um ambiente investigativo é através de atividades chamadas Sequências de Ensino Investigativa (SEI). As SEI se caracterizam por serem um conjunto organizado e coerentes de atividades investigativas, integradas para trabalhar um tema (CARVALHO, 2014). No geral, as SEI se organizam em 4 etapas, sendo: a) proposição do problema – etapa em que o professor distribui o material e apresenta o problema aos estudantes; b) resolução dos problemas pelos estudantes é o momento em que eles manipulam os materiais e assim têm condição de levantar hipótese de como resolver o problema proposto e testar estas hipóteses; c) sistematização do conhecimento é o momento em que, retornando ao grande grupo, se discute como o problema foi resolvido, passando da ação manipulativa para a ação intelectual; d) escrever e desenhar é a etapa final, onde cada estudante individualmente escreve ou desenha sobre o que aprendeu na aula (CARVALHO, 2013). Cada uma destas etapas, objetiva a promoção de um ambiente investigativo, visando que os estudantes construam seus conhecimentos.

O ensino por investigação, segundo Carvalho (2014) organiza as atividades investigativas em seis tipos, entre elas está o Laboratório Aberto. Este tipo de atividade propõe uma investigação experimental para que, em grupo, os estudantes resolvam um problema. Borges (2002, p.305) afirma que:

[...] uma atividade aberta pode ser muito difícil para estudantes sem conhecimento de conteúdo e sem experiência anterior com laboratório. No entanto, temos evidências de que os estudantes, mesmo sem conhecimento específico sofisticado e experiência com aulas de laboratório, conseguem formular problemas mais simples e planejar a sua solução em laboratório.

Além disso o mesmo autor categoriza as atividades de laboratório em quatro níveis investigativos², de acordo com a autonomia do estudante em cada um deles, conforme quadro a seguir.

² Nesta pesquisa, entendemos que o nível de investigação promovido foi o dois (2), haja visto que o problema enunciado foi dado aos estudantes e caberia aos grupos definirem os procedimentos para resolução do problema, bem como a conclusão que cada grupo atingiu.

Quadro 1: Níveis de Investigação no Laboratório

Nível de Investigação	Enunciado do problema	Procedimentos	Conclusões
0	Dado	Dados	Dados
1	Dado	Dados	Em aberto
2	Dado	Em aberto	Em aberto
3	Em aberto	Em aberto	Em aberto

Fonte: Borges (2002, p. 306)

Na etapa da resolução dos problemas pelos estudantes é que se dá a construção do conhecimento visto que, nessa fase eles levantarão hipóteses, sobre como resolverão o problema e farão os testes dessas hipóteses. Assim eles poderão verificar o que funciona e o que não funciona nas hipóteses que levantarão. Neste momento aparece a importância do erro já que “é a partir do erro – o que não deu certo – que os alunos têm confiança em o que é o certo eliminando as variáveis que não interferem na resolução do problema. O erro ensina... e muito” (CARVALHO, 2013, p. 9).

Assim, entendemos que o erro é uma possibilidade para evolução dos estudantes na construção do conhecimento, pois através dele poderá reformular hipóteses e identificar possibilidades de novos acertos. Um estudo de Mota Júnior (2021) analisa os erros dos estudantes em atividades experimentais e defende que é possível inserir atividades experimentais com enfoque investigativo no Ensino Médio e que os erros devem ser valorizados para a construção do conhecimento. Sobre o erro, Mota Júnior (2021, p. 43) afirma que:

Ele deve deixar de ser interpretado como um equívoco ou uma anomalia e deve assumir função de retificação dos conhecimentos. Para os alunos do Ensino Médio, valorizamos a função que a identificação do erro acarreta na formulação de novas hipóteses, o que nos permitirá compreender as principais atitudes desenvolvidas por eles ao se deparar com tais situações inusitadas nas atividades experimentais.

Dessa forma, é necessário que, tanto professor quanto estudantes, compreendam que o erro pode ser um processo positivo durante a aprendizagem, já que permite a examinar a raiz de onde estes erros surgiram, analisar e compreender o desenvolvimento do raciocínio e da construção dos argumentos e refletir sobre os processos de ensino e aprendizagem.

Considera-se que as situações problemas que oportunizam os erros, são ricas em informações a serem trabalhadas pelo professor com os alunos [...] as dificuldades dos alunos durante o processo de aprendizagem podem ser uma forma de reconstruir e reestruturar o processo de ensino. Assim, o professor pode propor desafios para instigar o interesse do discente, explorar as diferentes formas de raciocínio dos alunos, trabalhando na direção da efetivação da aprendizagem (WIRMOND; SOUZA; PINHEIRO, 2019, p. 665).

Ainda sobre o erro, Zytkeuwisz e Bego (2018) nos ensinam que é preciso romper com a ideia transmitida ao aluno de que o erro é uma “falha” e ainda que a falta de um roteiro experimental com passos pré-determinados favorece uma atitude investigativa e eliminam a presunção da previsibilidade (já que alguns roteiros trazem tudo muito detalhado e explicado). Assim, o estudante pode ver no erro uma oportunidade para novas ideias. Nos alertam ainda que este erro não é aleatório e incontrolável, mas gera no aluno um questionamento, que leva a um motivo e uma nova busca.

Portanto, apresentamos a seguir o percurso metodológico da aplicação de uma SEI desenvolvida para o ensino do componente curricular de Química, mais precisamente o objeto de conhecimento estudo de soluções. O Referencial Curricular do Estado do Paraná prevê, para o Novo Ensino Médio, a identificação dos tipos de soluções, que contempla as habilidades EM13CNT104 e EM13CNT310.

Contexto metodológico da pesquisa

A Sequência de Ensino Investigativo (SEI) foi elaborada com vistas a ser aplicada em uma turma da 2ª série do Ensino Médio, de uma escola pública do Estado do Paraná, em que um dos autores atua como professor. Esta turma foi escolhida por estar estudando, no momento da aplicação da pesquisa, o tema soluções. Os estudantes foram divididos em seis grupos com seis estudantes, sendo que a atividade foi aplicada durante três aulas de 50 minutos. Isto foi necessário para que houvesse tempo hábil para realização das atividades propostas em sequência.

Na primeira etapa da SEI distribuimos o aparato experimental e fizemos a proposição do problema. Cada grupo recebeu o material que teria à disposição (água, açúcar e corantes nas cores do arco-íris, bem como copos descartáveis e um copo de vidro para construir o arco-íris). O problema proposto para ser resolvido foi: utilizando apenas estes materiais, como vocês poderiam construir um falso arco-íris dentro do copo³?

Cabe ressaltar, que os alunos já tiveram previamente aula sobre o conteúdo "soluções", na qual foi apresentada aos estudantes os tipos de soluções, sua presença no cotidiano e as diferentes formas de concentração de soluções. Desse modo, levamos em consideração durante a realização da SEI, que os estudantes já tinham conhecimento prévio sobre o assunto, ou seja, já possuíam as informações que precisavam para resolver com presteza a atividade.

Na segunda etapa, a da resolução do problema pelos alunos, após apresentar o problema e distribuir o material, o professor permitiu que eles manipulassem o aparato experimental e fizessem proposições, perguntas, levantando suas hipóteses antes de iniciarem a etapa experimental. Durante esta fase o professor buscou responder às perguntas dos estudantes com novas perguntas que pudessem fornecer caminhos para que eles próprios chegassem às conclusões necessárias (CARVALHO, 2013). Os estudantes foram incentivados a elaborar hipóteses e testá-las. Em cada grupo um estudante foi designado relator (e anotaria as ideias, ações e questionamentos) e outro ficou encarregado de registrar em vídeo as tentativas de solução e discussões. Essas videografações foram utilizadas por nós para realizarmos as análises dos resultados

Em uma terceira etapa, a da sistematização dos conhecimentos elaborados nos grupos, os estudantes retornaram para a sala de aula para, em uma grande roda de conversas, discutir como cada grupo resolveu o problema. Aqui, alguns questionamentos foram feitos pelo professor: Quais foram as principais dificuldades de cada grupo? Por que algumas soluções se misturaram com facilidade? Por que precisaríamos fazer cada cor com uma quantidade diferente de açúcar? Qual solução vocês colocaram primeiro no recipiente onde fizeram o arco-íris? Começaram pela mais densa ou menos densa? Por que acham que o experimento “não deu certo”? Que conhecimentos de Química foram utilizados? Teria outra maneira de resolver este problema sem utilizar concentração de soluções? Por que é importante conhecer a densidade das soluções? Como isso ajudaria, por exemplo, a determinar se um combustível foi adulterado ou não?

Nesta etapa os estudantes puderam sair da ação manipulativa para a intelectual, mostrando por meio do relato que fizeram se as hipóteses deram certo ou não e como foram testadas. Assim, os estudantes buscaram explicar o fenômeno observado, utilizando conceitos e termos científicos que esclarecessem como o problema proposto foi resolvido. Estes conceitos e termos também estavam sendo estudados em sala de aula antes da atividade investigativa proposta e foi possível relacionar as duas situações.

Depois de uma discussão os estudantes foram incentivados a escrever sobre como se sentiram ao realizar esta atividade, e como fizeram para resolver o problema e como conectaram o

³ Esta atividade é uma adaptação de um experimento apresentado no Manual do Mundo sob o título “Beba um arco-íris (MANUAL DO MUNDO, n.d.).

experimento com o conhecimento científico. Nesta etapa os estudantes puderam demonstrar através da sua escrita o que aprenderam sobre soluções e concentração de soluções, caracterizando um instrumento de aprendizagem da construção do conhecimento pelo estudante. Esta etapa escrita contempla a quarta etapa da SEI (escrever e desenhar) e foi feita imediatamente após a aplicação da mesma. Os estudantes que entregaram esta etapa solicitada foram nomeados como E1 a E23 de acordo com a ordem e conclusão da atividade. Na sequência foi disponibilizada aos estudantes, na plataforma *Google Classroom* utilizada pela turma, uma proposta de atividade complementar para que eles pesquisassem sobre o Mar Morto, já que lá a densidade da água permite que os corpos flutuem. Os estudantes deveriam então, produzir um infográfico (com imagens e informações) sobre o Mar Morto: Origem do Mar Morto; Salinidade em g/L; Relação entre a salinidade dos oceanos e a do Mar Morto; de onde vem o sal dos oceanos; assim como outras informações. Este infográfico teria como finalidade divulgar uma viagem de turismo científico a este local. Posteriormente, os infográficos produzidos foram socializados na turma.

Apresentamos a seguir uma breve discussão sobre os resultados obtidos na execução da SEI, uma análise acerca das falas dos estudantes e do material produzido na plataforma *Google Classroom*. A discussão dos resultados foi realizada com base no referencial da Análise Textual Discursiva (ATD). Conforme Moraes e Galiazzi (2011, p. 46), a ATD é um “processo auto-organizado de produção de novas compreensões em relação aos fenômenos que examina”. Nessa perspectiva, a ATD se organiza em três focos cíclicos chamados de: desmontagem dos textos (unitarização); estabelecimento de relações (categorização) e captando o novo emergente (metatexto) sendo que estes três processos estão unidos num todo que os autores nomeiam como sendo um processo auto-organizado.

Discussão dos Resultados

A partir das discussões entre os estudantes, constituídas durante a quarta etapa da SEI, seguimos para a desmontagem dos textos (unitarização), que tinham sido construídos a partir da transcrição das falas presentes nas videograções. Em seguida, fizemos o estabelecimento de relações, de onde emergiram 3 categorias de análise: as dificuldades com relação à execução da atividade proposta, os erros cometidos durante a atividade e o trabalho em equipe. Apresentamos a seguir alguns apontamentos em torno de cada uma dessas categorias:

1. As dificuldades com relação à execução da atividade proposta

A principal dificuldade encontrada na execução da SEI o fato dos estudantes se precipitarem em manipular o material e resolver rapidamente o problema, sem discutir ou elaborar um plano para isso antes de executar as ações. Isto se deve, em grande parte, ao fato de que os estudantes não estão acostumados a serem questionados ou colocados frente a este tipo de situação (CARVALHO, 2013). Normalmente lhes é exigido apenas um cálculo imediato com uma única resposta possível. Ao serem postos diante de um problema, com vários outros estudantes dando ideias de como solucioná-lo, os estudantes se mostraram ansiosos e agitados, por vezes até discordando uns dos outros (CARVALHO, 2014).

Nas falas dos estudantes a seguir, é possível perceber que eles esperavam um roteiro, com o passo a passo a ser seguido e não tiveram autonomia para desenvolver as atividades experimentais a partir das orientações do professor, do levantamento de hipóteses, da operacionalização das hipóteses, montagem do plano de trabalho e execução da prática. Desta forma, fica claro que o Ensino por Investigação não é uma prática comum no cotidiano destes estudantes e que eles se sentem incomodados com a maneira como foram orientados a realizar a atividade (SASSERON, CARVALHO, 2008).

Eu achei legal a ideia dessa atividade, porém faltou organização e explicação, pois, no começo, nós não sabíamos como fazer (Estudante 3).

Fiquei meio frustrada por não saber o que fazer (Estudante 7).

Acho que dá para explicar o trabalho, dar um exemplo meio por cima antes (Estudante 17).

No começo não recebemos muitas informações para o trabalho, mas depois conseguimos nos achar (Estudante 21).

Faltou um pouco de explicação porque nós nunca tínhamos feito isso ainda em sala de aula.... Na próxima fazemos um trabalho com mais explicação aí dá certo (Estudante 24).

Apesar dos estudantes demonstrarem que gostaram da atividade por ser diferente, também deixam transparecer suas inseguranças e ansiedade, o que pode estar relacionado à poucas experiências deste tipo de prática pedagógica durante sua vida escolar mas também com o contexto vivenciado durante o afastamento das salas de aula por ocasião da pandemia da COVID 19. Após o período do ensino remoto, alguns estudantes têm apresentado sinais de ansiedade, crises de pânico e outros transtornos relacionados ao retorno para as salas de aula e à própria vivência em família, muitas vezes difícil e desafiadora.

Eu me senti ruim, apesar das frustrações foi interessante a experiência (Estudante 4).

A colega estava bem nervosa, ela ficou muito ansiosa e queria desistir de tudo porque não estava dando certo, além de querer fazer do jeito dela.... Eu estava muito ansiosa e ainda estou... (Estudante 9).

No começo fiquei estressado mas depois começaram a ouvir e trabalhar em equipe (Estudante 10).

Eu me irritei por não estar entendendo o porquê de estar dando errado e ter que começar novamente e errar de novo (Estudante 16).

No começo estava entusiasmado, porém, no decorrer do trabalho meus colegas começaram a ficar irritados com a menor falha (Estudante 20).

No início foi frustrante, mas depois nós fomos se entendendo e começou a progredir (Estudante 23).

Destacamos que, por ser uma atividade com viés investigativo, a mesma requer esse protagonismo juvenil, já apontado no Referencial Curricular do Estado do Paraná e na BNCC (PARANÁ, 2021; BRASIL, 2018). O protagonismo pressupõe o engajamento do grupo, levantar e executar as hipóteses, o que parece ainda ser uma limitação dos estudantes pois ainda esperam um roteiro pré-determinado indicado pelo professor.

2. Os erros cometidos durante a atividade

Outro ponto a se considerar é que os estudantes perceberam e aprenderam com os seus erros, e chegaram à conclusão de que o erro é parte do processo e às vezes é possível aprender com o erro também, analisando o que deu errado em cada situação e por quê.

Deveríamos ter pensado mais e ter trabalhado mais em grupo, mas aprendemos para uma próxima vez ser melhor (Estudante 4).

Num vídeo, que mostra que deveríamos misturar a água com açúcar, só que não sabíamos que deveria fazer medidas diferentes, mas com o decorrer nós fomos no embalo e conseguimos três camadas certas. (Estudante 13)

Fizemos duas camadas mas estragou tudo fomos tentando e acho que entendemos a lógica de tudo isso (Estudante 14).

Eu me irritei por não estar entendendo o porquê de estar dando errado e ter que começar novamente e errar de novo. (Estudante 16).

Pois depois de alguns segundos elas se misturavam e tudo deu errado, no fim as cores se misturavam (Estudante 19).

Através da fala do estudante 13 pode-se perceber que localizaram informações importantes de como resolver o problema, no entanto não puderam realizar a etapa de colocar diferentes quantidades de açúcar, o que seria o erro experimental derivado da falta de planejamento. Os estudantes 14 e 16 deixam transparecer nas falas “fomos tentando e acho que entendemos a lógica” e “estar dando errado e ter que começar de novo” que perceberam no erro uma possibilidade de acertar,

o que corrobora a discussão feita anteriormente pelos autores (CARVALHO, 2013; MOTA JÚNIOR, 2021).

Ainda na fala do estudante 19 é possível identificar o erro que se deve à mistura muito rápida das soluções, este erro poderia ser derivado do fato que o roteiro experimental onde se esclarece que a mistura deve ser feita com cuidado e lentamente não foi disponibilizado e os próprios estudantes deveriam chegar a esta conclusão. Este tipo de erro corrobora a necessidade de ver o erro como uma possibilidade de modificar algum raciocínio ou metodologia anterior a fim de buscar um novo resultado (ZYTKUEWISZ, BEGO, 2018).

Desta forma, fica claro que os estudantes puderam discutir entre si nos grupos a razão de cada um dos seus erros e tiveram oportunidade de buscar uma outra “forma de fazer” buscando um novo resultado, conseguindo efetivar as camadas solicitadas, ainda que não todas elas por falta de materiais ou tempo para novas tentativas (estudantes 4 e 13).

3. O trabalho em equipe

Outra situação perceptível pelos relatos dos participantes da atividade investigativa, é que trabalhar em equipe não é algo corriqueiro e ainda existe muita resistência de alguns estudantes em considerar as opiniões dos colegas, assim como dificuldades em organizar o trabalho em grupo de modo que todos possam participar (CARVALHO, 2013). Apesar dos estudantes estarem juntos na mesma turma há dois anos, tiveram pouco convívio presencial, pois estavam em ensino remoto grande parte deste período, devido à pandemia, então muitos ainda apresentaram dificuldades em trabalhar em equipe, pois não construíram afinidades uns com os outros.

Todos do grupo contribuíram com alguma coisa, ou seja, todos foram prestativos, porém, as trocas de ideia eram meio confusas, o que fez com que várias tentativas fossem feitas (Estudante 2).

Tivemos desentendimentos, mas tentamos do jeito que acharíamos ia dar certo, faz parte do processo, deveríamos ter pensado mais e ter trabalhado mais em grupo (Estudante 4).

Estava tentando dizer como fazer, mas uma pessoa do grupo queria fazer tudo sozinha (Estudante 12).

De um modo geral os estudantes gostaram da atividade, acharam desafiadora e compreenderam que este tipo de prática pedagógica desenvolve o protagonismo dos estudantes “nos estimula a procurar e correr atrás” (Estudante 5) e favorece o aprendizado. Reconhecem que é um tipo de atividade que “dá mais trabalho” (Estudante 13) e que “precisa ter paciência” (Estudante 21), pois, nem sempre as coisas saem como o esperado, mas consideram que é recompensador quando o resultado é alcançado (SASSERON, CARVALHO, 2008).

Gostei da atividade, na real achei incrível (Estudante 9).

Bom eu gostei bastante achei bem diferente, nunca tinha feito algo desse tipo (Estudante 14)

Eu achei o trabalho algo desafiador foi algo muito interessante de se tentar resolver (Estudante 15).

Eu gostei muito de fazer a experiência em grupo, achei interessante por sair um pouco da rotina de fazer a mesma coisa (Estudante 16).

Foi uma experiência boa e um ótimo aprendizado, tirando as brigas (Estudante 20).

A experiência foi bem legal e diferente. Para fazer esse tipo de atividade precisa ter paciência, pois dá tudo errado quando menos esperamos. A equipe cooperou bastante, mas no final não deu certo, porém esperamos fazer mais experiências assim (Estudante 21).

Eu achei muito gratificante apesar dos desentendimentos.. Fiquei muito feliz com o resultado. (Estudante 23).

Outra dificuldade encontrada pelo professor durante a execução da SEI foi o número de estudantes na turma (36). Este quantitativo está bem acima do ideal para este tipo de atividade (o Ensino por Investigação prevê a formação de grupos pequenos) (CARVALHO, 2014). Assim, foi possível a formação de 6 grupos com 6 estudantes em cada um. Se esperaria que o professor pudesse acompanhar cada grupo, fazer perguntas durante o processo de resolução do problema, mas o número elevado de grupos inviabilizou esta etapa e o docente apenas minimizou os problemas encontrados. Um deles foi o açúcar disponibilizado para a atividade ter acabado rapidamente (o que corrobora o

que já foi mencionado, sobre não ter havido planejamento dos estudantes para resolver o problema). Outra situação foi que os alunos de alguns grupos não se entendiam sobre o que deveria ser feito e foi necessário intervir na discussão.

Em relação aos grupos que conseguiram realizar o experimento do arco-íris no copo, três das seis equipes conseguiram formar, ao menos algumas camadas de soluções de cores diferentes no copo (formando um arco-íris, ainda que com apenas algumas cores). As soluções são formadas pela mistura de água (solvente), açúcar e corante (solutos), então para que se formem camadas de cores diferentes cada cor deve ter uma quantidade diferente de açúcar dissolvido, apresentando assim, densidades diferentes. Isto permite que as cores não se misturem ao adicionar uma sobre a outra. No entanto, este processo de adicionar uma camada sobre a outra deve ser delicado, já que todas as camadas são feitas do mesmo solvente (água) e isto favorece a miscibilidade das camadas.

Este foi um fator complicador visto que a pouca habilidade manual na manipulação dos materiais experimentais e falta de paciência dos estudantes não permitiu que esta etapa fosse realizada com sucesso, ainda que tivessem preparado as soluções da maneira correta. Na figura 1 a seguir, é possível visualizar os resultados de duas dessas três equipes que conseguiram chegar a um resultado próximo do esperado, que seriam as 7 camadas de cores diferentes, simulando o arco-íris.

Figura 1: Arco-íris no copo.



Fonte: Registro realizado pelos autores (2022).

Como atividade complementar foi solicitada a produção de um infográfico trazendo informações sobre o Mar Morto para ser entregue posteriormente, como uma atividade que deveria ser construída individualmente via plataforma *Google Classroom*. Apenas 11 dos 36 estudantes realizaram esta ação proposta, o que deixa transparecer o descomprometimento de alguns estudantes para com os compromissos firmados por ocasião da disciplina. Dentre as produções entregues, notamos a utilização da ferramenta digital para elaboração do material, mas pouca profundidade científica nas informações utilizadas, ficando apenas no senso comum sobre o que foi solicitado. Na Figura 2, o infográfico produzido pela estudante 1 e entregue dentro do prazo solicitado na plataforma foi recortado pelos autores para ser anexado a este trabalho.

Figura 2: Infográfico sobre o Mar Morto.



Fonte: Registro realizado pelos autores (2022).

Considerações Finais

Buscamos aqui analisar as dificuldades e as potencialidades do uso da abordagem metodológica Ensino por Investigação, mediante o uso de uma SEI intitulada “Problema do Arco-íris no copo, ensino de Soluções”.

A atividade foi importante para evidenciar que o Ensino por Investigação não é algo simples de ser implementado, principalmente com as condições que temos na escola pública (número elevado de estudantes por turma, pouco tempo de aula e de espaço adequado para experimentação, falta de experiência dos professores com esta abordagem metodológica, entre outros). No entanto, é uma abordagem metodológica que pode ser usada para buscar esta participação do estudante no processo de ensino e de aprendizagem, proporcionando momentos de protagonismo dos estudantes.

O planejamento é fundamental para o sucesso da execução da SEI e o professor precisa transparecer calma e serenidade ao explicar a atividade, ser claro ao apresentar o material e ao propor o problema a ser resolvido pelos estudantes. É importante, também, delimitar a quantidade de material que cada equipe terá disponível e ouvir todas as perguntas possíveis antes de iniciar a parte prática de execução do experimento. Isto porque, no momento em que os estudantes começam a fazer os testes das suas hipóteses, fica inviável a discussão com cada grupo separadamente uma vez que o número de estudantes na turma não permite que o professor fique o tempo necessário em cada grupo.

Ouvir os estudantes, suas dúvidas, suas ansiedades e suas frustrações, ajuda o professor a compreender que o processo de aprender é tão difícil quanto o de ensinar. Professor e estudantes coexistem e sofrem das mesmas ansiedades e angústias, ainda que sob diferentes pontos de vista. Quanto mais cooperativa for esta convivência entre estas duas partes, melhor será a aprendizagem e o ensino.

Referências

- Alves, H. R., & Ribeiro, M. T. D. (2020). Uma proposta de sequência didática para o ensino de soluções. *REAMEC-Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, 8(1), 302-322. Acesso em 02 abr., 2022, <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/reamec/article/view/9748>
- Brasil (2018). *Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Educação é Base*. MEC: Brasília, DF. Acesso em 15 de mar., 2022, <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/a-base>
- Borges, A. T. (2002). Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de ensino de Física*, 19(3), 291-313. Acesso em 10 fev., 2023, <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5166013>
- Carvalho, A. M. P. D. (2013). O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In CARVALHO, A. M.P.D. (org) *Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula (pp 1-19)*. São Paulo: Cengage Learning.
- Carvalho, A. D., Santos, E. I., Azevedo, M. C. P. S., Date, M. P. S., Fujii, S. R. S., & Briccia, V. (2014). *Calor e temperatura: um ensino por investigação*. São Paulo: Editora Livraria da Física.
- Freire, P.; Faundez, A. (2017). *Por uma pedagogia da pergunta*. 8. Ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra,
- Coelho, A. E. F., & Malheiro, J. M. S (2019). Sequência de ensino investigativo em um clube de ciências: o problema da água que não derrama. *Experiências em Ensino de Ciências*, 14(1), 378-390. Acesso em 15 de mar., 2022, <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/41>
- Manual do Mundo. (n.d), *Beba um Arco-Íris (Vídeo)*, YouTube, recuperado em 02 de abril de 2022. <https://www.youtube.com/watch?v=4bIaerF-TRg>
- Moraes, R., & Galiuzzi, M. D. C. (2011). *Análise textual discursiva*. rev. Ijuí: Ed. Unijuí, 224.
- Mota Junior, J. G. D. (2021). *A investigação do erro: características e potencialidades das atividades investigativas em química com alunos de ensino médio e sua utilização para o ensino de titulação*. [Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru].
- Paraná. Secretaria de Estado da Educação. (2021) *Referencial curricular do Paraná: princípios, direitos e orientações*. Curitiba, PR: SEED/PR. Acesso em 17 de fev., 2022, https://professor.escoladigital.pr.gov.br/ensino_medio
- Piaget, J. (1977). *A tomada de consciência*. São Paulo: Melhoramentos/Edusp.
- Piaget, J. (1978). *Fazer e Compreender*. Melhoramentos e Editora da USP.
- Sasseron, L. H., & Carvalho, A. D. (2008). Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. *Investigações em ensino de ciências*, 13(3), 333-352. Acesso em 17 de fev., 2022, <https://bityli.com/JzqWUA>
- Wirmond, T. K., de Souza, G. F., & Pinheiro, N. A. M. (2019). O papel do erro na construção do conhecimento matemático a partir da percepção dos professores dos Anos Iniciais. *Revista Thema*, 16(3), 663-670. Acesso em 21 de mar., 2022, <https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/1379>
- Zômpero, A. F., & Laburú, C. E. (2011). Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 13(3), 67-80. Acesso em 28 de jul., 2022, <https://www.scielo.br/j/epec/a/LQnxWqSrmzNsrRzHh3KJYbQ/abstract/?lang=pt>

Zytkuewicz, M. A., & Bego, A. M. (2018). Crítica à experimentação tradicional no ensino de ciências e a importância do erro no processo de ensino e aprendizagem. *Revista Iluminart*, (16), Edição Especial IX EPPEQ. Acesso em 17 de fev. 2022. <http://revistailuminart.ti.srt.ifsp.edu.br/revistailuminart/index.php/iluminart/article/view/344>

Wartha, E. J.; Silva, E. L., & Bejarano, N. R. R. (2013). Cotidiano e contextualização no ensino de química. *Química Nova na Escola*, 35(2), p. 84-91. Acesso em 10 de fev., 2023, http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35_2/04-CCD-151-12.pdf