

# 4 PROMOVENDO SITUAÇÕES DE SALA DE AULA PARA QUE OS ESTUDANTES DESENVOLVAM PRÁTICAS EPISTÊMICAS

*Adriana de Oliveira Gomes<sup>1</sup>*

*Fernando César Silva<sup>2</sup>*

## 1 INTRODUÇÃO

Os objetivos do Ensino de Ciências têm-se modificado ao longo do tempo, visto que, atualmente, buscamos envolver os estudantes em processos investigativos que aproximem a cultura escolar da científica. Dessa forma, as estratégias e abordagens de ensino estão voltadas para o processo de construção dos conceitos e as práticas envolvidas, não mais, apenas o produto, que seria o conceito em si. Além disso, essa aproximação das culturas escolar e científica permite perceber que para um problema há diferentes maneiras de resolvê-lo, desde que baseado em fatos e evidências, favorecendo, assim, o respeito ao pensamento divergente. Considerando o momento que vivemos, por exemplo, dificuldade de conviver com pessoas que pensam diferente e negação dos fatos e evidências, é urgente pensar que o objetivo para o Ensino de Ciências também é formar pessoas responsáveis, sensíveis e humanas. Assim, o foco não está no conceito a ser discutido, mas na abordagem que favoreça o pensamento crítico e solidário.

Uma abordagem que temos trabalhado em nossas aulas e pesquisas é o ensino por investigação. Reconhecemos que existem diferentes entendimentos

---

1 Professora da Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais, Rodovia Papa João Paulo II, 4143, Bairro Serra Verde, Belo Horizonte, MG, 31630-900. Contato: aogquimica@yahoo.com.br

2 Professor Adjunto da Universidade Federal de Minas Gerais, Avenida Antônio Carlos, 6627, Pampulha, Belo Horizonte, MG, 31270-901. Contato: fcsquimico@yahoo.com.br

sobre essa abordagem, mas há um consenso de que a proposição de um problema é essencial. No entanto, o problema por si só não garante o envolvimento dos estudantes mas, como sugerem McDonald e Kelly (2007), o desenvolvimento de práticas epistêmicas, como levantamento de hipóteses, planejamento para teste dessas hipóteses, construção de dados, elaboração de argumentos, avaliação das alegações de conhecimento, dentre outras, são necessárias para que a investigação ocorra e favoreça o diálogo na sala de aula. Nesse processo, múltiplas interações são estabelecidas entre os estudantes, professor, conhecimentos e materiais, contribuindo para alcançar os objetivos mencionados anteriormente. Como exemplo apresentaremos uma pesquisa que foi desenvolvida, no âmbito do Curso de Especialização em Educação em Ciências da Universidade Federal de Minas Gerais, em uma sequência de aulas de Química no Ensino Médio.

Muitos conceitos discutidos na Química parecem estar completamente desvinculados do cotidiano dos estudantes, como a solubilidade. Isso porque a abordagem, em geral, se baseia nos cálculos e memorização de equações matemáticas. A discussão sobre a diferença de solubilidade dos compostos não é abordada. A solubilidade dos compostos orgânicos, muitas vezes nem é mencionada, sendo discutida apenas no terceiro ano por meio da regra semelhante dissolve semelhante. Por que não abordar os compostos orgânicos na discussão de soluções no segundo ano? Temos a impressão de que os compostos orgânicos servem apenas para serem usados na classificação de cadeias carbônicas e regras de nomenclatura.

Quadros e colaboradores (2009) utilizaram o cotidiano dos estudantes para abordarem o conceito de solubilidade/miscibilidade, concluindo que muitos estudantes não conseguem relacionar o conhecimento escolar com as situações do cotidiano. Em outro estudo sobre solubilidade de compostos orgânicos, Gatti e colaboradores (2015) trouxeram as estruturas químicas das vitaminas para discutirem também sobre a polaridade. Diferentemente desses trabalhos encontrados na literatura, construímos uma sequência didática, com abordagem investigativa, para discussão da solubilidade de compostos orgânicos a partir de um texto sobre a morte de Vincent Van Gogh.

Vincent Van Gogh (1853-1890) foi pioneiro na arte expressionista, sendo que grande parte de sua produção mais conhecida ocorreu nos últimos dois anos de sua vida. Ele passou um longo período em uma clínica por causa de sua instabilidade mental. Tradicionalmente, a instabilidade e o suicídio de Van Gogh foram

atribuídos à bebida à base de licor de absinto. O absinto é um líquido verde com cheiro de anis, produzido a partir da destilação de uma mistura de álcool, ervas e água. O absinto contém moléculas, conhecidas como terpenos e terpenoides, com grandes anéis e cadeias hidrofóbicas, apresentando baixa solubilidade em água (COTTON, 2011).

Não é o escopo deste capítulo abordar a vida de Van Gogh, tampouco discutir o uso da biografia de personalidades no Ensino de Ciências. Nossa intenção é investigar se práticas epistêmicas, por meio do discurso escrito, podem ser mobilizadas pelos estudantes a partir da promoção de uma situação de ensino com uma abordagem investigativa.

## **2 SOBRE O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO E AS PRÁTICAS EPISTÊMICAS**

O ensino por investigação concebido como uma abordagem didática empodera o professor. Isso, porque ele não fica restrito a uma metodologia ou estratégia de ensino. No sentido de que a investigação só ocorre se for a metodologia ou estratégia planejada para aquela aula. O ensino por investigação é muito mais do que isso, ele está relacionado às formas de agir e interagir do professor (SOLINO; FERRAZ; SASSERON, 2015), que a todo momento problematiza, dá espaço aos estudantes para levantar e testar hipóteses, apresentar e concluir suas ideias, errar, argumentar, narrar etc. Essa atuação do professor faz com que o estudante participe durante o processo de ensino e aprendizagem, favorecendo a tomada de decisões, resolução de problemas (CARVALHO, 2013), sensibilidade, respeito ao pensamento divergente e responsabilidade.

De acordo com Solino e colaboradores (2015), a investigação é um processo aberto, desencadeado e condicionado às características do problema em análise, tendo intensa relação com conhecimentos já existentes e reconhecidos pelos estudantes. Assim, a sequência de ensino deve conter algumas atividades específicas para sua realização. De acordo com Carvalho (2013, p. 9), ela deve conter um “problema, experimental ou teórico, contextualizado, que introduz os estudantes no tópico desejado”, permitindo que eles possam elaborar, testar suas hipóteses, apresentar e discutir suas ideias. Ainda de acordo com esta mesma autora, é necessário que “após a resolução do problema, uma atividade de sistematização do

conhecimento seja construída pelos alunos” (p. 9) e a última atividade seria a contextualização do conhecimento, sendo essa uma atividade avaliativa não de caráter somativo, mas formativo.

Essa abordagem didática pode favorecer a imersão dos estudantes em processos de proposição, comunicação, avaliação e legitimação do conhecimento (KELLY, 2005; MCDONALD; KELLY, 2007). Isso ocorre porque ela permite a apreciação e avaliação de como processos epistêmicos podem se desenvolver no âmbito escolar, evidenciado a partir da oportunização do contato dos estudantes com conceitos e práticas das ciências nas disciplinas (SASSERON; DUSCHL, 2016). Dessa forma, o ensino por investigação pode promover situações de ensino que os estudantes desenvolvam práticas epistêmicas, pois eles possuem abertura para problematizar, levantar hipóteses, elaborar estratégias para resolução do problema, testar hipóteses, comunicar, argumentar e escrever (SOLINO; FERRAZ; SASSERON, 2015; CARVALHO, 2018). Essas ações relacionadas à proposição, comunicação, avaliação e legitimação do conhecimento são chamadas de práticas epistêmicas (DUSCHL, 2002; KELLY, 2005).

Kelly e Licon (2018) apresentaram quatro características para o entendimento do conceito de práticas epistêmicas, pois elas são: i) interacionais, construídas entre os membros de um grupo por meio de processos discursivos, nos quais criam e definem o que conta como conhecimento; ii) contextuais, pois ocorrem na temporalidade e na territorialidade de contextos sociais enquadrados por normas culturais; iii) intertextuais, visto que se constroem a partir de discursos, sinais e símbolos, definidos por gêneros de comunicação socialmente reconhecidos, que são usados para propor, justificar, avaliar e legitimar alegações de conhecimento, e iv) consequenciais, situadas em instâncias de poder, pois as escolhas sobre o que conta como confiável, válido ou útil legitimam certas alegações de conhecimento.

Percebemos que as práticas epistêmicas se dão por meio das interações que são estabelecidas e possuem relação direta com o objetivo para as atividades propostas em sala de aula. Não temos a intenção de apresentar aqui um guia de práticas que possam ser mobilizadas pelos estudantes, mas dada a natureza da sequência proposta, e os objetivos propostos para ela, acreditamos que algumas práticas podem ser mais oportunizadas do que outras, tais como: elaboração de hipóteses, planejamento de investigação, realização de previsões, construção de dados, conclusão, explicação, dentre outras (SILVA, 2015a).

No entanto, o desenvolvimento das práticas epistêmicas depende do contexto situado de uso dos diversos discursos de determinado grupo (KELLY, 2011). Dessa forma, não podemos determinar quais práticas serão desenvolvidas nos diversos contextos escolares existentes no país. Até por que, conforme Kelly e Licona (2018, p. 145, *tradução nossa*), “como as práticas epistêmicas dependem do campo e do tempo (mudando devido aos desafios da produção de conhecimento), não há um conjunto limitado de práticas”.

Existem diversos trabalhos abordando o ensino de ciências por investigação e as práticas epistêmicas, por exemplo, Nascimento, Silva e Freire (2014), Silva (2015b), Sasseron e Duschl (2016) e Silva, Gerolin e Trivelato (2018). Nesses trabalhos, os autores reconheceram que a abordagem investigativa pode contribuir para que práticas epistêmicas sejam desenvolvidas pelos estudantes.

Mediante as considerações feitas até aqui, qual a importância de se promover situações de ensino para que os estudantes desenvolvam práticas epistêmicas? De acordo com Sasseron e Duschl (2016, p. 52), quando os estudantes estão “propondo ideias, comunicando entendimentos, avaliando proposições e legitimando conhecimentos”, ou seja, mobilizando práticas epistêmicas, evidências do engajamento deles são encontradas. Nesse engajamento, conforme indicado por Jiménez-Aleixandre (2006), as práticas epistêmicas favorecem a aquisição da linguagem científica, como também demarcam o discurso científico, visto que “a aprendizagem de ciência envolve também uma aprendizagem epistêmica” (ARAÚJO; MORTIMER, 2009, p. 6).

O discurso científico não se baseia apenas no discurso oral, mas também no escrito e simbólico, pois depende de múltiplas representações, como, textuais, gestuais, simbólicas, gráficas, físicas etc. (MCDONALD; KELLY, 2007). Nesse sentido, a análise do que os estudantes escrevem também pode indicar o desenvolvimento de práticas epistêmicas, pois

a escrita científica não é apenas uma modalidade de apresentação de conhecimentos, idéias, princípios e teorias científicas, mas também uma maneira linguística de compartilhar, entender, persuadir e apresentar argumentos para defender alegações de conhecimento em uma comunidade científica. [...] Essas práticas de escrita podem ser tratadas como formas comunicacionais de entender as idéias químicas e chegar a um consenso, na medida que escrevem sobre os fatos e processos das práticas científicas, e para fazer as afirmações e conclusões de uma maneira mais confiável e persuasiva ao organizar e argumentar logicamente” (DENG; KELLY; XIAO, 2018, p. 284, *tradução nossa*).

No caso da Química, o discurso escrito, desempenha um papel essencial, visto que, as representações visuais usadas nessa ciência, como fórmulas moleculares, estruturais, equações químicas, dentre outras, são necessárias na construção do conhecimento químico. Dessa forma, a análise do que os estudantes escrevem pode indicar práticas que estão sendo desenvolvidas e, conseqüentemente, compreender como eles estão construindo o conhecimento químico. Isso, porque como afirma Kelly (2018), “as práticas epistêmicas das comunidades disciplinares podem esclarecer maneiras pelas quais o conhecimento é construído e abrir múltiplos caminhos para entender os fenômenos” (p. 245, *tradução nossa*).

### 3 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA E A ANÁLISE DOS DADOS

Como atividade de ensino a sequência construída foi baseada em quatro etapas, conforme proposto por Carvalho (2013): i) proposição do problema; ii) resolução do problema; iii) sistematização coletiva; iv) sistematização individual, como organizada no Quadro 1.

**Quadro 1** - Descrição das atividades realizadas durante as aulas da sequência de ensino

Etapas	Aulas	Descrição
Proposição do problema	1ª	Atividade realizada individualmente, contendo duas questões para conhecimento das ideias dos estudantes sobre a solubilidade.
	2ª	Leitura de um texto intitulado <i>Vicent van Gogh, chemistry and absinthe</i> de Cotton (2011), que foi traduzido e adaptado.
Resolução do problema		Formação de grupos para planejamento da resolução do problema proposto a partir do texto.
	3ª	Acesso dos estudantes em grupos a diversos materiais para a resolução do problema.
Sistematização coletiva	4ª	Apresentação da proposta de solução do problema debatida nos grupos para toda a turma.
	5ª	Sistematização do texto e do conceito de solubilidade pela professora.
Sistematização individual	6ª	Atividade realizada individualmente, solicitando a escrita de um texto.

Em geral, os professores no segundo ano do Ensino Médio, abordam as soluções, discutindo os aspectos quantitativos por meio do uso de equações matemáticas. Ensinamos nossos estudantes, por exemplo, a calcular a quantidade de matéria do fluoreto de sódio em água, mas não abordamos porque essa substância é solúvel em água, enquanto o fluoreto de cálcio é praticamente insolúvel. E essa abordagem era a adotada pela professora/pesquisadora que, nesta pesquisa, buscou discutir também aspectos qualitativos, como por que algumas substâncias dissolvem em um solvente e em outro não? E para isso trouxe, inicialmente, nessas seis aulas, a discussão da solubilidade de compostos orgânicos para além da regra que semelhante dissolve semelhante. Dessa forma, os estudantes poderiam revisitar conceitos de ligações químicas, no que se refere a polaridade, geometria e interações intermoleculares.

Quanto à pesquisa, a abordagem qualitativa, de natureza interventiva, foi utilizada para a análise, articulando “de alguma forma, investigação e produção de conhecimento, com ação e/ou processos interventivos” (TEIXEIRA; MEGID-NETO, 2017, p. 1056). É também uma pesquisa de aplicação, pois buscamos analisar se nos registros escritos produzidos pelos estudantes, havia indícios de mobilização de práticas epistêmicas a partir de uma situação de ensino com abordagem investigativa. Isso representa uma investigação construída integralmente pelos pesquisadores, desde o planejamento das atividades, passando pela aplicação e culminando com a análise (TEIXEIRA; MEGID-NETO, 2017). Além disso, citando os mesmos autores, não temos a pretensão de transformação da prática do professor e da realidade dos estudantes com a nossa pesquisa, mas nos envolver numa questão relacionada ao processo de ensino e aprendizagem em Química.

Os dados analisados foram produzidos por 37 estudantes, de uma turma de 2º ano do Ensino Médio, de uma escola pública estadual, localizada na região metropolitana de Belo Horizonte (MG). Optamos por essa escola por ser o local de trabalho de uma autora do capítulo e por retratar o contexto vivenciado por muitos professores do Brasil.

Entendemos que um estudo das práticas epistêmicas exige situarmos o aprendizado de ciências em um contexto, levando em conta os diversos discursos envolvidos em diferentes momentos e que se manifestam e incorporam nas histórias sociais e tradições culturais dos membros desse grupo (KELLY, 2011). No sentido de que o que conta como ciência para esse grupo, os conhecimentos

que eles trazem e suas relações com o conhecimento escolar. Isso significa que em seis aulas é difícil afirmar que as práticas epistêmicas estão sendo, de fato, desenvolvidas pelos estudantes, mas sim fazermos algumas inferências. Ressaltamos também que voltaremos nossa análise para o discurso escrito dos estudantes.

Para análise do discurso escrito dos estudantes foi utilizada a Análise Textual Discursiva (ATD) proposta por Moraes e Galiuzzi (2016), pois buscamos inferir, a partir deles, se práticas epistêmicas foram desenvolvidas pelos estudantes. A ATD é uma metodologia de análise de dados produzidos na pesquisa qualitativa, pois visa estender as pré-compreensões do fenômeno investigado às compreensões ampliadas (MORAES; GALIAZZI, 2016). Primeiramente, codificamos as atividades dos estudantes e partimos para a desmontagem dos textos, de forma organizada, buscando compreender os fenômenos investigados a partir das respostas deles. Isso foi feito de modo a obter as unidades constituintes dessas respostas. Em seguida, classificamos essas unidades constituintes em categorias estabelecidas previamente, e identificadas como práticas epistêmicas, conforme indicado no Quadro 2.

A maioria dos estudos sobre práticas epistêmicas possui abordagens metodológicas voltadas para o discurso oral dos estudantes. Nas pesquisas desenvolvidas por nosso grupo temos trabalhado com o discurso escrito, pois buscamos entender também como os estudantes têm percebido as representações visuais usadas na Química. Dessa forma, quando os estudantes utilizam essas representações no processo de construção de suas alegações de conhecimento, consideramos esse uso, como uma prática epistêmica.

**Quadro 2** - Descrição das práticas epistêmicas que podem ser mobilizadas pelos estudantes a partir da sequência didática proposta

Práticas epistêmicas	Detalhamento das práticas
Elaborar hipótese	Propõe uma explicação para o problema.
Planejar investigação	Elabora estratégias para o teste das hipóteses.
Fazer previsões	Consegue prever resultados a partir da hipótese levantada.
Construir dados	Coleta e registro de dados a partir dos textos.
Considerar diferentes fontes de dados	Recorre a alguma fonte diferente daquela que está sendo trabalhada no momento.
Concluir	Finaliza o problema que foi proposto.



Práticas epistêmicas	Detalhamento das práticas
Usar representações visuais <sup>1</sup>	Utiliza representações visuais para fundamentar ideias próprias.
Explicar	Estabelece relações entre o fenômeno observado e os conceitos científicos e/ou condições do teste das hipóteses para dar sentido a esse fenômeno.
Opinar	Apresenta uma opinião pessoal, bem-sinalizada.

<sup>1</sup>Para o uso do termo, apoiamo-nos em Perini (2005ab), Goodwin (2009) e Silva *et al.* (2021).

Fonte: Adaptado de Silva (2015a, p. 62).

Nesse processo de desconstrução e (re)construção permite-se uma compreensão renovada do todo. Essa compreensão renovada à luz do referencial teórico utilizado e outros estudos da literatura permitem a produção dos metatextos (MORAES; GALIAZZI, 2016). Nos metatextos trouxemos transcrições dos registros escritos pelos estudantes para exemplificar nossas análises.

#### 4 ANALISANDO O DESENVOLVIMENTO DE PRÁTICAS EPISTÊMICAS A PARTIR DO QUE OS ESTUDANTES ESCREVERAM

Na atividade inicial, foram propostas duas questões para levantamento das ideias dos estudantes sobre o conceito de solubilidade. Os conhecimentos prévios que os estudantes trazem podem auxiliar na compreensão de suas alegações e, portanto, implicando diretamente nas práticas que podem ser mobilizadas. Na primeira questão foi apresentada uma situação hipotética que os estudantes deveriam auxiliar a personagem a tomar uma decisão sobre usar ou não a gasolina, que apresentava duas fases. Nessa questão buscamos verificar se os estudantes perceberiam que havia componentes na gasolina que não eram solúveis, formando duas fases e inviabilizando o uso da gasolina no automóvel.

Muitos estudantes reconheceram a adulteração da gasolina e trouxeram alguns conceitos para fundamentar a proposta de não utilizar a gasolina no veículo. É o que ocorre com E15:

*Falaria para não colocar a gasolina, pois a mesma está misturada com qualquer outro solúvel (sic) que não conseguiu formar uma mistura homogênea e com toda certeza essas duas substancias (sic) são diferentes em questão de polaridade (um polar e outro apolar).*

Na segunda questão foi apresentada uma situação na qual os estudantes deveriam continuar um diálogo com a personagem, explicando o motivo de um aromatizante não ter perfumado a casa. Isso porque ela utilizou a água ao invés de álcool. A utilização de álcool em plantas medicinais favorece a extração das substâncias responsáveis pelo aroma, a conservação dos princípios ativos das plantas e o armazenamento por um período mais longo. Buscamos verificar se os estudantes perceberiam que os compostos responsáveis pelo aroma são mais solúveis em álcool do que em água. E8 assim se manifesta:

*Marina, você deveria ter usado o álcool! Água não resolve. A água no (sic) extrai o aroma da planta. O álcool serve para dissolvê-lo e liberar no ambiente, quando evapora.*

Embora o estudante se equivoque ao afirmar que o álcool seja necessário para liberar o aroma no ambiente, ele reconhece que o aroma é mais solúvel em álcool do que em água. Alguns estudantes, mesmo errando, cientificamente, a explicação sobre a ineficácia do aromatizante da personagem denominada Marina, trazem situações cotidianas para fundamentar essa explicação. É o que ocorre com E25:

*O aromatizante não deu certo porque não tinha álcool, porque o álcool que faz a substância (sic) exalar o cheiro, assim como o perfume. Tenho conhecimento de que perfumes e aromatizantes possuem álcool, por isso que quando temos um arranhão e passamos perfume queima por causa do álcool.*

O estudante comete o mesmo equívoco que o anterior, mas a partir de uma experiência que ele viveu tenta sustentar sua explicação.

Percebemos, pelas respostas dos estudantes, ideias que mostravam que eles já conheciam sobre a solubilidade de compostos orgânicos, mesmo que, apresentando alguns erros conceituais. Ressaltamos também o quanto as experiências cotidianas influenciaram nas respostas desses estudantes.

Na segunda aula, os estudantes formaram grupos para discutir o problema proposto no texto que foi entregue a eles, “*A morte de Vincent Van Gogh estava relacionada à bebida absinto?*”. Nesse texto, que foi traduzido e adaptado, foi apresentada uma breve biografia de Van Gogh, contendo algumas imagens de suas principais obras. Em seguida, foram abordados assuntos sobre a história, produção, composição e usos do absinto. No que se refere à composição dessa

bebida, foi indicada a estrutura química dos compostos que ela contém. O texto foi encerrado com os efeitos causados pelo absinto no organismo e a apresentação de alguns diagnósticos para a doença de Van Gogh. Com esse texto tínhamos o objetivo de envolver os estudantes com o problema proposto, que eles elaborassem hipóteses.

Todos os grupos de estudantes acreditaram que os problemas de saúde e, conseqüentemente, a morte de Van Gogh fora causada pelo absinto, como a transcrição a seguir do grupo codificado como G5:

*Sim; Pois (sic) o absinto junto a sua instabilidade mental pode ter piorado sua condição emocional, já que o teor alcoólico (sic) do absinto é muito alto.*

No entanto, não consideramos como elaboração de hipóteses, entendido por nós como prática epistêmica, visto que não propuseram uma explicação para o problema (SILVA, 2015a). Os estudantes não trouxeram os conceitos mobilizados nas respostas para as questões da atividade inicial para explicarem o problema. Um grupo de estudantes, codificado como G4, apresentou as fórmulas estruturais de dois constituintes da erva usada para a produção do absinto, mas essas estruturas, no contexto utilizado, não seriam necessárias. Percebemos que elas possuíam um papel apenas ilustrativo, que não se relacionava diretamente com a explicação registrada pelo grupo.

Considerando que os estudantes acreditavam que a morte de Van Gogh fora causada pelo absinto, na terceira aula, para resolução do problema, os estudantes poderiam utilizar o texto e/ou os materiais que foram disponibilizados pela professora/pesquisadora para teste dessa hipótese. Esses materiais (água, álcool, açúcar, vinagre, óleo de soja e sal) poderiam ser utilizados para realização de um experimento, como forma de testar as hipóteses elaboradas. Entretanto, como os estudantes não elaboraram hipóteses que poderiam ser testadas, a professora/pesquisadora teve que fazer algumas considerações sobre diferenças de solubilidade de alguns materiais em água e álcool. Além disso, ressaltou que eles poderiam fazer uma relação entre as estruturas químicas do álcool, água, terpenos e a solubilidade. Nenhum roteiro foi entregue aos estudantes, pois eles próprios deveriam planejar a investigação. Constantemente, os estudantes foram alertados sobre medidas de segurança, tais como, não inalar e não ingerir qualquer material usado durante o experimento.

De acordo com Silva (2015a), planejar a investigação é uma prática epistêmica que fomenta a criação de estratégias para o teste das hipóteses, o que favorece o surgimento de outras práticas. No entanto, eles não planejaram a investigação, utilizando os materiais de forma aleatória sem discutir as ações que deveriam ser realizadas, o que não contribuiu para o teste das hipóteses. É o que podemos verificar com o G2:

*Fizemos um primeiro experimento usando óleo, água, vinagre, sal e açúcar, e obtivemos uma mistura heterogênea. Fizemos um segundo experimento usando água, vinagre, sal e açúcar, e obtivemos uma mistura homogênea.*

Como eles perceberam que a maneira como fizeram os experimentos não forneceram dados que sustentariam as explicações para o problema, buscaram o texto para **construir esses dados**, como se percebe com o G5:

*O absinto é um líquido (sic) verde com cheiro de anis, produzido a partir da destilação de uma mistura de álcool e ervas.*

Os estudantes registraram um dado obtido a partir do texto, que poderia auxiliar na discussão do problema proposto (SILVA, 2015a), pois para produzir o absinto utiliza-se o álcool para extrair os constituintes das ervas, que são mais solúveis nesse solvente do que em água.

O dado registrado pelos estudantes foi importante para **explicarem** a possível causa da morte de Van Gogh. G3 afirmou:

*A bebida absinto, que tem como ingredientes pequenas quantidade (sic) de água, ervas e álcool se dissolvem, porque o álcool e as ervas tem a mesma polaridade.*

Mesmo os estudantes considerando a polaridade das ervas e não de seus constituintes, estabeleceram relação causal entre a bebida absinto e conceito químico para dar sentido ao fenômeno estudado (SILVA, 2015a). A causa da morte de Van Gogh é controversa sobre se foi suicídio ou não, mas sabe-se que, os constituintes das ervas usadas e o teor alcoólico elevado, para o preparo do absinto poderiam causar diversos problemas.

Na quarta e quinta aula, a professora/pesquisadora sistematizou os conceitos com os estudantes, por meio da exposição das ideias discutidas nos grupos. Os estudantes foram incentivados para apresentarem suas ideias, argumentando,

explicando e concluindo. A professora/pesquisadora ressaltou sobre o planejamento do experimento e qual a contribuição dele para o teste das hipóteses. Além disso, ela usou as representações visuais dos constituintes das ervas usadas para preparo do absinto, relacionando-as à solubilidade em água e álcool. Para isso, foram mobilizados conceitos de eletronegatividade, geometria molecular, polaridade e interações intermoleculares.

Na última aula, os estudantes, individualmente, deveriam escrever um texto a partir da seguinte questão: “*Como você explicaria o que foi discutido para um colega, que não compareceu nessas aulas?*”. A maioria dos estudantes **explicitou** que a causa da morte de Van Gogh estava relacionada ao fato do álcool possuir maior capacidade de extrair substâncias das ervas do que a água. E31 disse:

*Entendemos também que o álcool extrai mais substancias (sic) das ervas do que a água no absinto.*

Isso já era registrado pelos estudantes durante as atividades em grupo, mas o registro de E6 nos chamou a atenção:

*Chegamos (sic) a conclusão que não foi o absinto que causou a morte de Van Gogh e sim o álcool, pois tinha um teor alcoólico muito grande 50% a 70%.*

É interessante porque essa conclusão não aparecia nos registros dos estudantes em grupos. Acreditamos que, essa conclusão, de E6, não era consenso no grupo, mas no momento da atividade final, que foi realizada individualmente, ele conclui. Isso, porque ele finaliza o problema (SILVA, 2015a), justificando a morte de Van Gogh ao elevado teor do álcool no absinto.

A descrição e a análise que acabamos de apresentar sugerem que os estudantes mobilizaram práticas epistêmicas, tais como construir dados, explicar e concluir (SILVA, 2015a). Importante também mencionar que não pretendemos sugerir práticas epistêmicas que deveriam ser mobilizadas ou reforçar aquelas que não o foram, visto que não existe uma quantidade limitada de práticas; e que essas são contextuais e consequenciais (KELLY; LICONA, 2018), conforme descrito teoricamente, e evidenciado em nossa análise. Marcada fortemente pelo que os estudantes trouxeram a partir de suas experiências e alegações de conhecimento que foram muito importantes para o grupo, por exemplo, a elevada solubilidade dos constituintes das ervas em álcool.

## 5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Não pretendemos relacionar as práticas epistêmicas sugeridas às etapas da sequência didática. Nossa intenção aqui é discutir sobre a promoção de situações de sala de ensino para que os estudantes mobilizem práticas epistêmicas, a partir da análise que realizamos.

Um primeiro ponto que queremos discutir é sobre o papel do professor na promoção de situações de ensino para que os estudantes mobilizem práticas epistêmicas. Percebemos pelos registros dos estudantes, que eles tiveram dificuldades de escrever os consensos estabelecidos nos grupos para serem apresentados para a turma no momento da sistematização coletiva. Eles tiveram dificuldade também na escrita do texto final de forma mais próxima do discurso escrito da ciência. Por exemplo, suas alegações, em geral, não foram articuladas com os dados obtidos, análise desses dados, explicações suportadas pelos conceitos relacionados ao problema, mas apenas descrições da doença de Van Gogh e da produção do absinto. Mas, qual a relação dessa observação com o papel do professor? Para responder essa questão apoiaremos em Deng, Kelly e Xiao (2018), conforme já descrito anteriormente, o discurso escrito na ciência vai além de apresentar definições, mas registrar e interpretar dados, construir argumentos baseados nesses dados, utilizar representações visuais etc. No entanto, essa especificidade do discurso escrito da ciência deve ser explicitada pelo professor, conforme apontado por Kelly e Chen (1999). Esses autores examinaram os processos de discurso oral e escrito em uma aula de física do Ensino Médio, indicando variações na apropriação do discurso escrito. Eles enfatizaram que uma discussão explícita sobre as normas científicas pode favorecer os estudantes a se envolverem e usarem os discursos oral e escrito nas atividades que se aproximam de contextos científicos autênticos. Um dos autores desse trabalho, em um artigo recente, sugeriram aos professores que, “eles precisam prestar mais atenção ao conhecimento, as práticas sociais e dimensões afetivas da escrita” (DENG; KELLY; XIAO, 2018, p. 285, *tradução nossa*). Não discutimos com os estudantes as especificidades desse discurso escrito na ciência, o que pode ter contribuído para que eles focassem apenas na descrição da produção do absinto e nos problemas de saúde de Van Gogh. Afastando do discurso escrito na ciência que além de descrever, interpreta e explica a partir de dados e evidências.

O problema proposto promove o levantamento de hipóteses (CARVALHO, 2013), que gera a elaboração de estratégias para a coleta e análise de dados e, conseqüentemente, à resolução desse problema (HODSON, 1988). Dessa forma, uma prática epistêmica mobilizada contribui para a mobilização de outra. No entanto, essas ações precisam ser explicitadas pelo professor, não no sentido de fornecer um guia para a resolução do problema ou revelar a resposta. Mas, discutindo com os estudantes o que seria uma hipótese na ciência, a importância de planejar os testes dessas hipóteses, coletar e interpretar os dados que possam suportar as alegações de conhecimento, dentre outras. Portanto, entendemos por que os estudantes não elaboraram hipóteses e não planejaram a investigação.

Nesse sentido, o uso de fórmulas estruturais, por exemplo, como foi registrado por um grupo, para ilustrar os constituintes que poderiam ter contribuído para a morte de Van Gogh, não pode ser considerado como uma prática epistêmica. Isso porque não há relação dessas representações visuais com a possível explicação para o problema. Entretanto, esse registro foi interessante no sentido de que, mesmo que ilustrativo, o estudante percebe que essas representações desempenham um papel de destaque na Química. A percepção das representações visuais na Química sempre foi muito associada ao papel de representar e comunicar o conhecimento químico (TALANQUER, 2011). Além desse papel, concordando com Perini (2002, 2005ab), elas também são necessárias para a formulação de hipóteses, fundamentação de argumentos e construção das explicações. Por exemplo, quando queremos afirmar que uma reação química aconteceu, não escrevemos um texto para suportar o que estamos dizendo, mas indicamos a equação química dessa reação. Essa equação permite a: i) identificação do(s) reagente(s) utilizado(s) e produto(s) formado(s) a partir dos símbolos (fórmulas moleculares e/ou mínimas); ii) proporção correta em que os átomos do(s) reagente(s) combinam para formar o(s) produto(s); iii) reversibilidade ou não da reação, indicando se a formação do(s) produto(s) é(são) favorável(is) ou não; iv) indicação dos estados físicos do(s) reagente(s) e produto(s), indicando se o sistema é homogêneo (reagentes e produtos no mesmo estado de agregação); v) indicação da energia envolvida (MARAIS; JORDAAN, 2000).

O contato deles com os materiais sem um roteiro definido pode fomentar o surgimento de ideias e a forma como essas ideias podem ser utilizadas para

resolver o problema (CARVALHO, 2013). Embora os estudantes não tenham planejado o teste das hipóteses de uma forma que fornecesse dados, que pudessem ser interpretados e usados para explicarem o problema, eles perceberam a necessidade de construir dados a partir de outro recurso. Antes de discutir sobre isso, vamos falar sobre a nossa ação de não entregar um roteiro.

A ausência do roteiro exige ainda mais do professor, pois as estratégias que serão utilizadas para a resolução do problema não serão descobertas por eles mesmos, mas a partir das questões e orientações que o professor levanta nos grupos. Essas estratégias para o planejamento da investigação discutidas entre os estudantes nos grupos e o professor favorecem a construção de novos conceitos (SILVA, 2015a). Além disso, o contato dos estudantes com práticas que se aproximam da científica na medida em que observam as ações do professor na orientação para o estabelecimento dessas estratégias. Nesse momento, o professor deve explicitar suas intenções em relação a essas práticas e, não à apresentação do novo conceito, o que não impede que ele revise conceitos anteriores para favorecer a construção do novo. Entendemos que o professor precisa incentivar o registro fundamentado das estratégias a serem adotadas pelos estudantes, levando-os a reconhecerem a importância da escrita nas práticas científicas (DENG; KELLY; XIAO, 2018).

Quando os estudantes perceberam que não tiveram dados gerados a partir do experimento que fizeram, eles precisaram buscar outros recursos para construir esses dados. E o texto entregue a eles foi o recurso utilizado. Isso mostrou que os dados não são fornecidos apenas pelos experimentos, mas por um texto também (CARVALHO, 2013). A mobilização da prática epistêmica, construção de dados, levou à mobilização de outra, a explicação. Essa prática revela a compreensão epistêmica e conceitual dos estudantes sobre o tema trabalhado (SANDOVAL, 2001). Além disso, esse autor afirma que, as explicações são ações centrais da ciência e sua construção e avaliação implica em outra prática epistêmica, a argumentação. Ferraz e Sasseron (2013) afirmam que argumentar e explicar são práticas epistêmicas que estão associadas, pois em um ambiente de investigação, no mesmo momento que os estudantes fornecem explicações para caracterizar o tema investigado, relacionam os dados, evidências e conclusões, produzem argumentos.

Ressaltamos, mais uma vez, que não pretendemos listar práticas epistêmicas a serem mobilizadas pelos estudantes, mas mostrar que a mobilização dessas



práticas se relaciona diretamente com o estabelecimento de um espaço de interações, que se desencadeia pela atuação do professor. No entanto, o foco dessas interações não pode ser somente no sentido da construção do conceito, mas na discussão de práticas na sala de aula que se aproximam da científica.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O planejamento de uma sequência de ensino a partir do uso de práticas epistêmicas não garante que elas sejam mobilizadas durante a sua aplicação na sala de aula. A forma como o professor atua durante as aulas relaciona-se diretamente com o desenvolvimento dessas práticas, visto que elas são interacionais, intertextuais, consequenciais e contextuais (KELLY; LICONA, 2018). Elas se desenvolvem a partir das diversas interações estabelecidas para a construção e legitimação do que conta como conhecimento relevante para o professor e estudantes, que estão inseridos em um contexto social influenciado por normas culturais. Entendemos essas interações no sentido amplo, que não significa somente a interação discursiva entre professor e estudantes, mas entre estudantes e estudantes, estudantes e materiais, estudantes e conhecimentos cotidiano e escolar, dentre outras. No entanto, esse processo é desencadeado e favorecido por meio da atuação do professor que apresenta informações, questiona, explicita intenções, sugere caminhos, discute posicionamentos, estabelece consensos, usa representações visuais, legitima conhecimentos etc.

Considerando a interação dos estudantes com o conhecimento escolar, podemos trazer como exemplo, o contato com as representações visuais. Em geral, elas são percebidas como uma ilustração do que se está sendo dito sobre um conceito químico, ou seja, são necessárias apenas para uma formalização da Química (SILVA *et al.*, 2021). No entanto, conforme defendido por Perini (2005ab, 2002) as representações visuais na Ciência são componentes dos argumentos, fundamentam hipóteses e expressam conclusões. Dessa forma, a própria interatividade do professor com essas representações visuais precisa ser concebida a partir de uma abordagem de processo, no sentido de que elas são necessárias no processo de construção do conceito químico, e não apenas apresentadas como um produto dele.

Não desconsideramos a importância do planejamento de uma sequência de ensino. O que trazemos para essas considerações, a partir dos nossos resultados,

é uma reflexão acerca da atuação do professor ao longo das aulas. Concordamos com Solino, Ferraz e Sasseron (2015) que o ensino por investigação é mais do que uma metodologia ou estratégia, mas uma abordagem didática. Entendemos que ele se materializa não apenas por etapas bem definidas metodologicamente, mas pelas ações, interações e interatividade do professor.

As práticas epistêmicas também não podem ser concebidas como uma metodologia para se ensinar um conceito. Isso não significa desvalorizar o conceito que se pretende ensinar, mas que, além do conceito, há necessidade do professor discutir e analisar essas práticas. Defendemos que não cabe apenas a discussão do conceito de solubilidade em si, mas as práticas desenvolvidas para a sua construção. Se pensarmos na ciência enquanto uma comunidade de práticas, precisamos olhar também para as práticas epistêmicas que estão sendo desenvolvidas por nossos estudantes. Esse olhar pode se materializar em diversos momentos, mas usaremos o exemplo do processo de avaliação de nossos estudantes. Em geral, eles são avaliados a partir do conceito que, teoricamente, foi construído. Assim, cabe a nós também, a avaliação das práticas desenvolvidas, por exemplo, a capacidade dos estudantes elaborarem hipóteses, construírem e interpretar dados, produzirem argumentos, gerarem explicações, usarem representações visuais, expressarem conclusões, dentre outras.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, A. O.; MORTIMER, E. F. As práticas epistêmicas e suas relações com os tipos de texto que circulam em aulas práticas de química. *In: VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 7, 2009, Florianópolis. **Anais [...]** Florianópolis, ABRAPEC, p. 1-12, 2009.
- CARVALHO, A. M. P. O ensino de Ciências e a proposição de seqüências de ensino investigativas. *In: CARVALHO, A. M. P. (org.). Ensino de Ciências por Investigação: Condições para Implementação em sala de aula.* São Paulo, SP: Cengage Learning, 2013. p. 1- 20.
- CARVALHO, A. M. P. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 765-794, 2018.
- COTTON, S. A. Vincent van Gogh, chemistry and absinthe. **Education in Chemistry**, p. 75-79, maio 2011.

DENG, Y.; KELLY, G. J.; XIAO, L. The development of Chinese undergraduate students' competence of scientific writing in the context of advanced organic chemistry experiment course. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 20, p. 270-287, 2018.

DUSCHL, R. A. Toward a research agenda for epistemological studies in science education. *In*: Annual Meeting of National Association of Research in Science Teaching (NARST), 2002, New Orleans. Proceeding of the NARST Annual Meeting. **Anais [...]** New Orleans, 2002. Reston: NARST, p. 75, 2002.

FERRAZ, A. T.; SASSERON, L. H. Dualidade Argumentativa: os produtos da argumentação em aulas investigativas. *In*: IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. **Anais [...]**. Águas de Lindóia: ABRAPEC, 2013. p. 1-8.

GATTI, I. C.; CERQUEIRA, P. L.; SILVA, B. N.; COELHO, M. M. P.; AFONSO, A. F.; REIS, I. F. Abordagem temática no ensino de química: solubilidade e polaridade de substâncias orgânicas através das vitaminas. **Revista Ensino & Pesquisa**, v. 13, n. 1, p. 166-187, jan./jun. 2015.

GOODWIN, W. Visual representations in science. **Philosophy of Science**, Chicago, v. 76, n. 3, p. 372-390, 2009.

HODSON, D. Experiments in science and science teaching. **Educational Philosophy and Theory**, v. 20, n. 2, p. 53-66, 1988.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. A argumentação sobre questões sócio-científicas: processos de construção e justificação do conhecimento na aula. **Educação em Revista**, n. 43, p. 13-33, 2006.

KELLY, G. J.; CHEN, C. The sound of music: Constructing science as sociocultural practices through oral and written discourse. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 36, p. 883-915, 1999.

KELLY, G. J. Inquiry, activity, and epistemic practices. *In*: KELLY, G. J. Inquiry conference on developing a consensus research agenda, 2005, New Brunswick. **Proceeding of Inquiry Conference on Developing a Consensus Research Agenda**. New Brunswick: 2005.

KELLY, G. J. Scientific literacy, discourse, and epistemic practices. *In*: LINDER, C.; ÖSTMAN, L.; ROBERTS, D. A.; WICKMAN, P.-O.; ERIKSEN, G.; MCKINNON, A. (ed.). **Exploring the landscape of scientific literacy**. New York, NY: Routledge, 2011. p. 61-73.

KELLY, G. J. Developing Epistemic Aims and Supports for Engaging Students in Scientific Practices. **Science & Education**, v. 27, p. 245-246, 2018.

KELLY, G. J.; LICONA, P. Epistemic Practices and Science Education. *In*: Matthews M. (ed.). **History, philosophy and science teaching: new research perspectives**, Springer: Dordrecht, 2018. p. 139-165.

- MARAIS, P.; JORDAAN, F. Are we taking symbolic language for granted? **Journal of Chemical Education**, v. 77, n. 10, p. 1355-1357, 2000.
- MCDONALD, S.; KELLY, G. J. Understanding the construction of a science storyline in a chemistry classroom. **Pedagogies: An International Journal**, v. 2, n. 3, p. 165-177, 2007.
- MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. **Análise Textual Discursiva**. 2. ed. Ijuí: Unijuí, 2016.
- NASCIMENTO, E. D. O.; SILVA, A. C. T.; FREIRE, F. A. Atividades investigativas e práticas epistêmicas no ensino de Ciências. **Scientia Plena**, v. 10, n. 4, p. 1-10, 2014.
- PERINI, L. **Visual representations and scientific knowledge**. 2002. 458 f. Thesis (PhD in Philosophy) – University of California, San Diego, 2002.
- PERINI, L. The truth in pictures. **Philosophy of Science**, v. 72, p. 262-285, dez. 2005a.
- PERINI, L. Visual Representations and Confirmation. **Philosophy of Science**, n. 72, p. 913-926, dez. 2005b.
- QUADROS, A. L.; GOUVEIA, V. P.; OLIVEIRA, S. R. Uma reflexão sobre aprendizagem escolar e o uso do conceito de solubilidade/miscibilidade em situações do cotidiano: concepções dos estudantes. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 1, p. 23-30, fev. 2009.
- SANDOVAL, W. A. **Students' uses of data as evidence in scientific explanations**. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Assn, Seattle, WA. abr. 2001.
- SASSERON, L. H.; DUSCHL, R. Ensino de ciências e as práticas epistêmicas: o papel do professor e o engajamento dos estudantes. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 21, n. 2, p. 52-67, 2016.
- SILVA, M. B. **A construção de inscrições e seu uso no processo argumentativo e uma atividade investigativa de biologia**. 2015a. 253 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015a.
- SILVA, A. C. T. interações discursivas e práticas epistêmicas em salas de aula de Ciências. **Revista Ensaio**, v. 17, n. especial, p. 69-96, nov. 2015b.
- SILVA, M.; GEROLIN, E.; TRIVELATO, S. A Importância da Autonomia dos Estudantes para a Ocorrência de Práticas Epistêmicas no Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 905-933, 15 dez. 2018.
- SILVA, F. C.; SILVA, E. P. C.; DUARTE, D. M.; DIAS, F. S. Relação entre as dificuldades e a percepção que os estudantes do ensino médio possuem sobre a função das representações visuais no ensino de Química. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 27, n. u, 2021.

SOLINO, A. P.; FERRAZ, A. T.; SASSERON, L. H. Ensino por Investigação como abordagem didática: desenvolvimento de práticas científicas escolares. *In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA (21: 2015: Uberlândia, MG). Atas...* São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2016.

TALANQUER, V. Macro, Submicro, and Symbolic: The many faces of the chemistry “triplet”. **International Journal of Science Education**, v. 33, n. 2, p. 179-195, 2011.

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