

Argumentação e outras práticas epistêmicas em uma sequência de ensino investigativa envolvendo Química Forense

Argumentation and other epistemic practices in an inquiry-based teaching sequence involving Forensic Chemistry

Fernanda dos Santos e Adjane da C. T. e Silva

206

RESUMO: O presente estudo teve por objetivo analisar o desenvolvimento de uma sequência de ensino investigativa (SEI), estruturada em torno de um tema da Química Forense, verificando o espaço gerado para argumentação e outras práticas epistêmicas, no contexto de formação inicial de professores. Os dados oriundos da aplicação da SEI foram obtidos por meio de questionários e gravações em vídeo. O tratamento dos dados envolveu as transcrições das informações obtidas por meio de vídeos, fragmentando-as em episódios de interação, com intenção de selecionarmos para análise aqueles que melhor expressassem os argumentos dos alunos, bem como as práticas epistêmicas instauradas. As estruturas dos argumentos orais e escritos foram analisadas à luz do Padrão de Argumento de Toulmin e, para análise das práticas epistêmicas, nos baseamos em categorias dispostas na literatura sobre o tema. Os resultados apontam para o potencial da SEI em promover práticas epistêmicas nas instâncias sociais de proposição e comunicação do conhecimento.

Palavras-chave: Sequência de Ensino Investigativa; Práticas Epistêmicas; Química Forense.

Abstract: The present study aimed to analyze the development of an inquiry-based teaching sequence (IBTS), structured around a theme of Forensic Chemistry, verifying the space generated for argumentation and other epistemic practices, in the context of initial teacher training. The data from the application of IBTS were obtained through questionnaires and video recordings. The treatment of the data involved the transcriptions of the information obtained through videos, fragmenting them into episodes of interaction, with the intention of selecting for analysis those that best expressed the students' arguments, as well as of the established epistemic practices. The structures of oral and written arguments were analyzed in the light of the Toulmin Argument Pattern and, for the analysis of epistemic practices, we based ourselves on categories arranged in the literature about the theme. The results point to IBTS's potential to promote epistemic practices in the social instances of knowledge promotion and communication.

Keywords: Inquiry-based teaching sequence; Epistemic Practices; Forensic Chemistry.

Fernanda dos Santos (nandabarymore@hotmail.com), licenciada em Química e mestre em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Federal de Sergipe, atua como docente na educação básica da rede privada de ensino. Aracaju, SE – Br. **Adjane da Costa Tourinho e Silva** (adtourinho@terra.com), licenciada em Química e mestre em Educação pela Universidade Federal de Sergipe, doutora em Educação pela Universidade Federal de Minas Gerais, doutorado sanduiche na Penn State University (Pennsylvania). Professora titular e aposentada da UFS, atuando como voluntária no Núcleo de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Natureza e Matemática-NPGECIMA/UFS. Aracaju, SE – BR.
Recebido em 28/04/2020, aceito em 19/09/2020

A seção "Cadernos de Pesquisa" é um espaço dedicado exclusivamente para artigos inéditos (empíricos, de revisão ou teóricos) que apresentem profundidade teórico-metodológica, gerem conhecimentos novos para a área e contribuições para o avanço da pesquisa em Ensino de Química.



A convivência em sociedade presume a interação entre os indivíduos. Nesse processo de interação, os seres humanos expressam seus pontos de vista, procurando justificá-los, como também consideram a opinião de outros envolvidos, em um processo argumentativo, visando ao convencimento dos interlocutores (Teixeira, 2009).

A argumentação pode ser compreendida como uma atividade social, sendo sua natureza evidenciada durante a discussão entre as pessoas. Sua finalidade é aumentar ou diminuir a aceitação de um ponto de vista por meio de justificativas que envolvem uma série de proposições racionais articuladas entre si (Van Eemeren *et al.*, 1996).

Nas últimas décadas, a argumentação passou a ser vista, por pesquisadores, como uma prática discursiva com grande potencial para favorecer a aprendizagem de ciências, especialmente na Educação Básica (Nascimento e Vieira, 2009). Nas aulas de ciências, estratégias de ensino pautadas na argumentação constituem-se em meios para que os estudantes participem ativamente na construção do conhecimento e, aliadas ao ensino por investigação, podem permitir um entendimento do que vem a ser e como se desenvolve a ciência, proporcionando a compreensão da natureza discursiva dessa esfera do conhecimento e dos fatores que interferem diretamente em sua prática, pois é inegável a presença das práticas argumentativas na produção científica.

A argumentação surge ao longo das interações dialógicas que podem ser possibilitadas por meio dos trabalhos de investigação realizados em sala de aula, em que os alunos expõem suas ideias, suas hipóteses para resolver um dado problema e chegam a determinadas conclusões que explicam os resultados alcançados. Todas essas ações desenvolvidas pelos alunos podem ser compreendidas como práticas epistêmicas, por estarem envolvidas na produção e legitimação do conhecimento.

Nessa perspectiva, as atividades investigativas vêm sendo objeto de estudo no Ensino de Ciências por proporcionar o desenvolvimento de práticas epistêmicas, dentre elas a argumentação. Práticas epistêmicas referem-se a atividades sociais voltadas à proposição, comunicação, avaliação e legitimação do conhecimento (Kelly e Licon, 2018). No âmbito da pesquisa, examinar as práticas epistêmicas presume direcionar o olhar para o discurso dos alunos quando engajados em atividades de investigação durante as aulas.

Para Araújo (2008), as pesquisas que buscam verificar como aspectos fundamentais do discurso científico são incorporados pelos alunos partem de atividades investigativas, já que as práticas epistêmicas surgem em função de um ensino que os engaja em atividades que contemplam aspectos presentes nas investigações científicas reais. Tais atividades constituem ambientes de aprendizagem que favorecem a construção do conhecimento científico escolar por um aluno ativo, atuando com autonomia, tendo em vista a mediação do professor.

Para Ibraim e Justi (2017), é fundamental que o investimento no trabalho com propostas de ensino que promovam situações investigativas em sala de aula seja valorizado desde

a formação inicial do professor, a fim de que se possa torná-lo hábil a trabalhar com os conhecimentos dos estudantes na produção de argumentos. Nesse sentido, consideramos que, na formação inicial do professor, devam ser geradas oportunidades para: discutir acerca do seu papel enquanto mediador de situações argumentativas; estimular seus conhecimentos acerca da argumentação, por meio da vivência de situações reais de ensino; e trabalhar com materiais didáticos favoráveis ao desenvolvimento de tal prática.

Apesar do aumento no número de pesquisas que defendem a importância do diálogo na construção do conhecimento científico, pode-se notar que existe ainda muito a percorrer no que se refere à compreensão sobre como gerar espaço para instaurar a argumentação em sala de aula, de modo a contribuir para a elaboração das concepções científicas e percepção de aspectos fundamentais acerca da natureza da ciência pelos alunos; portanto, torna-se relevante investir nesta direção.

Diante do exposto, esta pesquisa envolveu a elaboração e aplicação de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) sobre Química Forense a alunos do curso de Licenciatura em Química de uma Instituição Pública de Ensino Superior da região Nordeste, de modo a gerar uma discussão sobre formas de proporcionar aos alunos o desenvolvimento de práticas epistêmicas, valorizando a argumentação.

Considerando a importância de se trabalhar, desde a formação inicial do professor de Química, formas de se apropriarem de metodologias de ensino que valorizem a participação ativa do aluno na construção do conhecimento, com foco na argumentação, buscamos, nesta pesquisa, responder à seguinte questão: “Qual o potencial de uma sequência de ensino investigativa (SEI) planejada em torno de um tema da Química Forense para promover o desenvolvimento da argumentação e outras práticas epistêmicas, no contexto de formação inicial dos professores?”

Optamos por trabalhar com uma das temáticas da Química Forense na elaboração da sequência, por entendermos que tal área já abriga em si um caráter de investigação, favorecendo a promoção de situações argumentativas durante as aulas. Apesar de se tratar de uma área de conhecimento tão relevante para nossa sociedade, a Química Forense é pouco considerada nas pesquisas em ensino e em propostas didáticas e, nesse sentido, é também pouco debatida na formação do profissional de Química, mesmo se tratando de um ramo da ciência que faz uso de conhecimentos deste campo disciplinar.

As poucas propostas acerca da inserção da Química Forense no Ensino de Química não focalizam o desenvolvimento da argumentação ou outras práticas epistêmicas; portanto, nosso trabalho contribui para que se preencha essa lacuna.

Formação de professores de Ciências: algumas considerações

O estudo apresentado neste artigo foi desenvolvido no contexto de formação inicial de professores de Química. Nesse

sentido, antes de adentrarmos em uma discussão sobre o seu arcabouço teórico, o qual em alguns momentos aponta para esse aspecto, teceremos algumas considerações sobre tal tema.

A formação de professores de Ciências, no contexto brasileiro tem sido objeto de discussão, apontando para o fato de que o mesmo anseia por inovações e reestruturações há, pelo menos, duas décadas (Carvalho e Gil-Pérez, 2000; Auth e Angotti, 2003; Galvão e Praia, 2009). A ideia de que as concepções dos professores sobre ensino e aprendizagem, em geral, distanciam-se das propostas pedagógicas expressas na literatura da área, refletindo antes a sua formação ambiental, vem sendo objeto de reflexão. Quadros e Corrêa (2020) observam que o ensino pautado na transmissão organizada de informações está presente em parte significativa das salas de aula de Ciências apesar de a literatura especializada e orientações curriculares nacionais apontarem para outros caminhos. O foco das atenções neste tipo de ensino está no conteúdo conceitual, no aprender Ciência (Hodson, 2014). Isso, certamente, não contribui para uma formação mais ampla dos alunos. Nessa perspectiva, o investimento no envolvimento do futuro professor com diferentes pressupostos e metodologias de ensino, tanto na academia quanto em sua atuação no ambiente escolar, desde o início de sua formação, vem sendo defendido.

Várias pesquisas vêm discutindo o potencial de atividades investigativas para proporcionar aos alunos aprenderem não apenas conceitos, mas, sobretudo, as práticas científicas, favorecendo ainda o entendimento sobre a Natureza da Ciência e sua relação com questões que circulam na sociedade. Trata-se de contemplar os três eixos em que se estrutura o processo de alfabetização científica: i) a compreensão sobre a natureza da Ciência, ii) a compreensão de termos e conceitos-chave da Ciência, e iii) a compreensão das relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente (Miller, 1983; Sasseron, 2008).

Nesse sentido, o professor precisa estar preparado para planejar e conduzir um processo de ensino tendo em vista um aluno que constrói ativamente seu conhecimento, envolvendo-se em práticas e discursos que se aliam àqueles expressos na Ciência real. Vivenciar práticas investigativas que abrem espaço para a argumentação, discutir e refletir sobre as mesmas tendo em vista a aprendizagem dos alunos é uma estratégia que, certamente, auxilia futuros professores a romper com um modelo de ensino tradicional normalmente vivenciado em seu processo de escolarização.

Atividades investigativas no Ensino de Ciências

O processo de investigação é visto como algo central na Ciência, envolvendo o uso de ferramentas epistêmicas e metodológicas pelos cientistas para estabelecer um novo conhecimento. Nesse sentido, atividades investigativas devem também assumir um lugar de destaque no Ensino de Ciências.

As investigações científicas ocorrem de maneiras distintas e o modo como isso acontece está estritamente ligado às

especificidades do objeto investigado (Sasseron, 2013; Driver *et al.*, 2000). Todavia, é possível afirmar que tais investigações necessariamente envolvem um problema, que se expressa por meio de uma ou mais questões, e o trabalho com informações e conhecimentos já produzidos em prol da produção de novos conhecimentos. Nas Ciências da Natureza, é comum haver levantamento e testes de hipóteses, bem como o controle de variáveis ao longo da construção de dados. Tais práticas podem ser desenvolvidas na Ciência escolar. Assim, as atividades investigativas possibilitam aos estudantes lidar com os fatores que influenciam diretamente o “fazer científico”.

A aprendizagem por meio da investigação, além de buscar envolver os estudantes nas práticas e discursos da Ciência, lhes permite uma participação ativa na construção do conhecimento. As ações do estudante em atividades investigativas não se limita ao trabalho de manipulação ou observação, elas precisam aproximar-se das características de um trabalho científico. Torna-se importante que o estudante reflita, relate, discuta, enfim, posicione-se ativamente diante de um problema investigativo.

Processos como colocar questões, elaborar inferências, fornecer explicações, alcançar conclusões e comunicar resultados são interacionalmente realizados por meio do discurso. Desse modo, os estudantes se envolvem com as práticas discursivas da Ciência, desenvolvendo a argumentação (Kelly, 2014).

Zompero e Laburú (2011) discutem que o ensino por investigação favorece o aprimoramento do raciocínio e das capacidades cognitivas dos estudantes, proporciona a sua compreensão acerca da natureza do trabalho científico e os auxiliam a desenvolver trabalhos em cooperação. Trata-se de uma abordagem didática que faz uso de diferentes estratégias de ensino, objetivando gerar espaço para que os estudantes desenvolvam habilidades relacionadas à cultura científica (Capecchi, 2013; Geraldi, 2017; Azevedo, 2004). Contribui, portanto, para que os estudantes percebam que as teorias científicas são construções humanas, frutos de elaboração de evidências, interpretações e análise de argumentos (Sasseron, 2013; Driver *et al.*, 2000).

A aprendizagem pode ser favorecida por meio da participação ativa dos estudantes em um processo de investigação científica (Kelly e Licona, 2018). Nesse contexto, temos as sequências de ensino investigativas (SEI), definidas por Sasseron (2015), como sendo o encadeamento de atividades e aulas, nas quais um tema é colocado sob investigação e todas as relações desse tema com as demais esferas de conhecimento podem ser trabalhadas.

Nesse ponto, fica clara a importância de o professor fazer uso de diferentes estratégias didáticas visando fornecer oportunidades aos estudantes para que eles desenvolvam práticas científicas, tais como: observar, raciocinar, explicar ou fornecer evidências numa discussão.

A seguir, discutimos sobre a Química Forense como um campo propício ao desenvolvimento do potencial de um ensino por investigação.

A Química Forense no ensino

A Ciência Forense pode ser descrita como um campo que envolve a aplicação da ciência à toda matéria ou problemas legais cíveis, penais ou mesmo administrativos, não se restringindo apenas a questões criminais, apesar da grande visibilidade destas últimas (Ferreira, 2016). Trata-se de uma área interdisciplinar que faz uso de conhecimentos da Física, Biologia, Química, Matemática, dentre outras áreas. A Química Forense, por sua vez, é uma ramificação da Ciência Forense, já que envolve técnicas e conceitos químicos em investigações de interesse deste campo (Rosa *et al.*, 2014). Ela pode ser aplicada em diversas situações, tais como: identificação de sangue em locais de crimes ou em objetos relacionados ao fato, revelação de impressão digital, identificação de substâncias entorpecentes, dentre outras.

Segundo Dias Filho e Antedomenico (2010), crimes de repercussão ou acidentes trágicos, que ganham destaque na mídia gerando comoção, servem como suporte para despertar o interesse e a curiosidade do aluno pela matéria. Além disso, conhecer as diferentes formas de atuação de um químico forense pode despertar no aluno a motivação pela Química.

Entendemos que a abordagem da Química Forense em sala de aula pode ser vista como uma estratégia de ensino que leva os alunos a argumentar em meio a uma investigação. Sebastiany *et al.* (2013) afirmam que o trabalho com temáticas relacionadas à Ciência Forense e investigação criminal possibilita colocar o estudante em uma situação de pesquisador, levando-o a reconhecer a importância do trabalho coletivo e individual numa investigação. Nesse sentido, enfatizam que tais atividades estimulam atitudes “desde a observação à manipulação, a curiosidade à interrogação, o raciocínio à experimentação, o direito à tentativa e erro e capacidades relacionadas com a comunicação” (Sebastiany *et al.* 2013, p.49). Nessa perspectiva, explicita-se o potencial da inserção da Química Forense no ensino para o desenvolvimento de práticas epistêmicas, dentre elas, a argumentação.

Desenvolver estratégias de ensino com base na Química Forense e trabalhar tal proposta durante a formação inicial do professor de Química é uma maneira de possibilitar aos futuros docentes a vivência em situações argumentativas. Corroborando com a ideia de propostas de ensino que possibilitem a participação ativa dos estudantes, Carvalho (2011, p.19) ressalta que “o professor precisa estar preparado para conduzir a argumentação em classe - entre professor/alunos e alunos/alunos”.

Argumentação no Ensino e na Pesquisa

Nos últimos anos, temos observado um crescimento no número de pesquisas que enfatizam a importância de se trabalhar o argumento no contexto educacional. Essas pesquisas buscam descrever as formas de inserção do processo argumentativo nas aulas de Ciências, além de mostrar a importância desse processo na construção do conhecimento científico e percepção acerca

da natureza da Ciência (Sasseron, 2012; Jiménez-Aleixandre e Brocos, 2015; Sasseron e Duschl, 2016; Scarpa, 2016).

Teixeira (2009) destaca que existe uma necessidade de estimular e incorporar o discurso argumentativo em sala de aula, tanto como uma prática no processo de interlocução pelo professor, quanto como uma habilidade que deve ser aprendida pelos alunos. É no argumento que se mostra a estrutura do pensamento e, desta forma, os alunos podem se tornar conscientes de suas próprias ideias, além de favorecer o processo de mediação do professor. Nesse sentido, é necessário que o professor promova interações discursivas em sala de aula de forma que ajude os alunos a pensar, falar, ler e escrever Ciências.

Sasseron e Duschl (2016) discutem sobre a instauração da argumentação em sala de aula, como uma prática epistêmica, considerando a importância de planejar situações e criar espaços que favoreçam as interações discursivas em sala de aula.

A constituição deste espaço de interações discursivas contribui para que as interações entre alunos e professor e o conhecimento sobre as ciências sejam debatidos. Isso fica claro não apenas pela intensa participação dos alunos nestas aulas, mas também pelo modo que são estimulados a expor suas ideias, avaliá-las e considerar novos elementos em sua proposição (Sasseron e Duschl, 2016, p.66).

Assim, várias pesquisas têm apontado estratégias que se mostram frutíferas no engajamento dos alunos no processo de elaboração de um discurso argumentativo. Brito e Sá (2010), por exemplo, desenvolveram uma pesquisa de natureza interventiva, estimulando a argumentação de alunos do ensino médio a respeito de questões sócio científicas relacionadas ao tema “biocombustíveis”. Os autores utilizaram o método de estudo de casos, que consiste no emprego de narrativas, no qual os alunos são incentivados a familiarizar-se com os personagens ou circunstâncias do caso, de modo a compreender os fatos e buscar possíveis soluções para os problemas envolvidos. Depreende-se, desse estudo, que a adoção de estratégias de ensino eficientes, como o estudo de casos, consegue fomentar as habilidades argumentativas dos alunos e favorecer a aprendizagem de conteúdo científico.

Altarugio *et al.* (2010) analisaram as experiências de cinco professores de Química e um de Biologia, que utilizaram a estratégia do debate em suas aulas como uma das atividades sugeridas em um curso de formação continuada. Os autores destacaram que o debate pode trazer diversas contribuições para um Ensino de Química e de Ciências, cujo objetivo seja a formação de cidadãos críticos e atuantes na sociedade, bem como auxilia os alunos a desenvolverem a habilidade da argumentação.

Sá *et al.* (2014), relatam que o estudo sobre argumentação nas pesquisas em Ensino de Ciências é recente, existindo vários aspectos que precisam ser explorados, dentre eles a qualidade da

argumentação. Os autores utilizaram o esquema de argumento de Toulmin (2006) para investigar a potencialidade da estrutura de um “bom argumento” considerando alunos de graduação em Química, de uma universidade pública. Os estudantes foram incumbidos de solucionar casos de caráter sócio-científico e apresentar oralmente as resoluções elaboradas. Os resultados da pesquisa apontam que esse tipo de intervenção didática fornece subsídios para o desenvolvimento de habilidades argumentativas pelos estudantes.

O trabalho com temas sociocientíficos por meio de estudos de casos (Sá e Queiroz, 2007; Brito e Sá, 2010), bem como a valorização de debates (Altarugio *et al.*, 2010) têm se mostrado expedientes frutíferos para a instauração de argumentos em salas de aula de ciências.

Em outra vertente, trabalhos com foco no argumento científico têm também contribuído para a discussão acerca do tema. Nessa linha, Silva *et al.* (2016) analisaram o desenvolvimento de um debate escolar realizado por estudantes da 3ª série do ensino médio acerca de temáticas científicas, a partir da leitura de textos de divulgação científica. A análise realizada mostrou indícios de variedades de argumentos elaborados pelos estudantes ao defenderem suas ideias, as contribuições dessa estratégia didática ao desenvolvimento de certos aspectos cognitivos, como a construção de argumentos, e a necessidade de se trabalhar nas escolas a apropriação desse gênero discursivo.

A literatura da área expressa um avanço das pesquisas voltadas para o desenvolvimento da argumentação em salas de aula. É notória a importância de implementar propostas de ensino que busquem favorecer as práticas argumentativas tendo em vista que, além de fazer parte da cultura científica, a argumentação deve ser vista como uma habilidade a ser desenvolvida pelos alunos, tanto por auxiliar a sua formação geral quanto por possibilitar o contato com as ferramentas da Ciência.

No estudo que aqui apresentamos, nos debruçamos sobre uma temática ainda não explorada nessa direção: o trabalho com a Química Forense que, conforme comentamos, abriga em si mesma um caráter investigativo, com potencial para promover a argumentação e outras práticas epistêmicas. A SEI planejada leva em conta a estratégia de “estudo de caso”, sendo o caso apresentado por meio de uma narrativa que retrata uma situação fictícia de assalto envolvendo homicídio, para o qual os alunos deveriam encontrar uma solução.

O Padrão de Argumento de Toulmin e as pesquisas sobre argumentação no Ensino de Ciências

Stephen E. Toulmin (2006) pode ser considerado um dos principais responsáveis por nossa compreensão sobre argumentação. Em sua obra “Os usos do argumento”, Toulmin (2006, p. 2), preocupa-se em “levantar questões filosóficas gerais sobre a avaliação prática de argumentos”, trazendo, dessa forma, inúmeras contribuições para o campo da lógica informal, ao mostrar como as pessoas argumentam em situações habituais.

A lógica como Ciência Formal, assim defendida por Aristóteles e seus sucessores, torna-se questionável em “Os usos do argumento”. Ao discutir a história da lógica em sua obra, Toulmin (2006) alega que a mesma, até então, buscara se desenvolver longe de questões práticas sobre como as pessoas tratavam e criticavam argumentos em diferentes campos de conhecimento, de modo que se desenvolveu:

[...] na direção a uma condição de completa autonomia, em que a lógica se torna estudo teórico autônomo, tão livre de preocupações práticas imediatas quanto certos ramos da matemática pura; e, embora em todos os estágios de sua história tenha havido gente preparada para, outra vez, levantar questões sobre a aplicação da lógica, raramente se levantaram algumas das questões vitais para compreender esta aplicação (Toulmin, 2006, p. 3).

Assim, por meio da análise de argumentos em diferentes campos do conhecimento, como Direito, Ciência, Política, Matemática, dentre outros, Toulmin (2006) consegue mostrar que alguns elementos do argumento podem ser os mesmos independentemente do campo, porém outros variam em função do contexto de uso. Buscando explicitar tais diferenças, o autor propôs um modelo analítico de argumento que passou a ser utilizado em diferentes campos, inclusive no Ensino de Ciências, possibilitando a compreensão de argumentos apresentados pelos sujeitos das salas de aula (Jiménez-Aleixandre *et al.*, 2000).

Para Toulmin (2006), o argumento possui a função de corroborar com alegações. O mesmo pode ser definido como uma afirmativa acompanhada de justificativa (Mendonça e Justi, 2013). Para explicar as características de uma adequada argumentação, o filósofo elaborou um padrão de argumento, conhecido como TAP (*Toulmin's Argument Pattern*), que possibilita identificar os componentes que constituem o argumento e a relação entre estes.

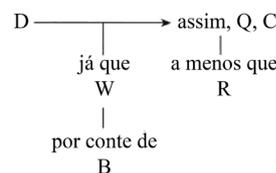


Figura 1: Esquema do Padrão de argumento de Toulmin. Fonte: TOULMIN (2006, p.150).

A estrutura acima, segundo Nascimento e Vieira (2009, p.20), constitui-se em “um padrão de argumentos de forma monológica, a partir de elementos básicos”, como: dado, conclusão e garantia de inferência. A Conclusão (C) é a alegação cujo mérito deve ser estabelecido, já o Dado (D) constitui-se nos fatos que servem como suporte para a alegação. A garantia de inferência (W) é responsável por estabelecer a conexão

entre dados e conclusão. Para o filósofo, trata-se de garantias gerais, estabelecidas diferentemente dos fatos que são apresentados como dados. À medida que recorremos aos dados de forma explícita, a esta é possível recorrer de maneira implícita (Toulmin, 2006).

Porém, para que o argumento possa ser considerado completo, pode-se inserir um Qualificador modal (Q). Segundo Mendonça e Justi (2013, p. 191), este refere-se ao “elemento que qualifica a conclusão em função da ponderação entre os elementos de justificativa e refutação”. Trata-se de palavras ou frases que indicam o nível de certeza do locutor, tais como: possivelmente, certamente, dentre outras. Para Nascimento e Vieira (2009), o qualificador é o elemento responsável por decidir a continuação ou o término de uma situação argumentativa, sendo possível percebê-lo como responsável por estabelecer o aspecto dialogal no Padrão de Toulmin.

Além disso, Nascimento e Vieira (2009, p.21) salientam que, por trás da justificativa (ou garantia), existem outros suportes, “sem os quais nem as próprias garantias teriam vigência ou autoridade”. Por conseguinte, às vezes, é necessário explicitar as circunstâncias nas quais a garantia apresentada pode ser ou não considerada válida como suporte para a conclusão; para isso, é utilizado um Refutador (R). Garcia-Milla *et al.* (2013) consideram que a presença de refutadores pode ser percebida como indicativa de uma boa qualidade de argumento, pois eles expressam a percepção do locutor acerca das limitações das suas conclusões, de modo a se resguardar de possíveis contra-argumentos.

Além dos elementos já citados, a garantia de inferência (também identificada por alguns autores como justificativa), que apresenta um caráter hipotético, pode ser apoiada em uma alegação categórica baseada em uma lei ou teoria, denominada de “backing” ou conhecimento básico (B). Portanto, B é um elemento de apoio à garantia, sendo expresso na forma de afirmações categóricas baseada em leis jurídicas ou científicas (Sá e Queiroz, 2007).

Em se tratando do Ensino de Ciências, Jiménez–Aleixandre *et al.* (2000) destacam que a flexibilidade do modelo proposto por Toulmin (2006) é uma vantagem na compreensão de argumentos apresentados por alunos em salas de aula, visto que, a forma pela qual estudantes apresentam suas justificativas, crenças, explicações e ações pode derivar de contextos diferentes.

A argumentação como uma prática epistêmica

As pesquisas que discutem sobre aspectos epistemológicos no Ensino de Ciências têm, mais recentemente, o interesse em mostrar como os alunos se apropriam de aspectos inerentes à produção e legitimação de conhecimentos ao longo de atividades investigativas, já que a aprendizagem em Ciências envolve uma aprendizagem epistêmica.

Kelly e Duschl (2002), ao examinarem práticas situadas em comunidades científicas particulares, e as formas como

questões relativas à criação, transmissão, justificação e avaliação do conhecimento eram atenciosamente investigadas por meio de processos sociais, chegaram a uma definição de práticas epistêmicas.

De acordo com Kelly (2005), uma comunidade justifica o conhecimento por meio de práticas sociais, sendo essas práticas constituídas por conjuntos padronizados de ações realizadas por membros de um grupo com propósitos, valores, ferramentas e significados culturais compartilhados. Quando tais padrões dizem respeito ao conhecimento, são denominados de práticas epistêmicas. Nessa perspectiva, torna-se necessário compreender o que conta como conhecimento para uma comunidade particular, considerando uma mudança na percepção do sujeito epistêmico, que passa de conhecedor individual para um grupo social relevante (Kelly e Licona, 2018).

Assim, ao situar o sujeito epistêmico em um grupo social relevante de conhecedores, Kelly e Licona (2018) sugerem uma visão de aprendizagem condizente com a socialização do modo de ser, conhecer, interagir e participar. A aprendizagem ocorre, portanto, por meio do engajamento e participação em práticas epistêmicas pelos alunos. O professor é responsável por promover o envolvimento dos alunos em tais práticas por meio de atividades que fomentem a construção do conhecimento.

Práticas epistêmicas são definidas como formas socialmente organizadas e interacionalmente desenvolvidas pelas quais membros de um grupo propõem, comunicam, avaliam e legitimam asserções do conhecimento (Kelly e Licona, 2018). Tais práticas são centrais para a Ciência e para a Educação em Ciências, podendo ser estudadas em situação de investigação durante as aulas. Para que isso ocorra, é necessário investigar o discurso dos alunos quando envolvidos em atividades investigativas.

Ao longo de uma investigação os alunos desenvolvem práticas em prol da resolução de uma questão, as quais são negociadas coletivamente e se instauram retroalimentando-se entre si. Desde o início de uma atividade investigativa, com a elaboração de uma questão e *design* de experimento, passando à produção e interpretação de dados, até que se alcance a negociação e legitimação de conclusões diante de uma audiência, tem-se práticas epistêmicas que são necessariamente requeridas e desenvolvem-se desencadeando outras subsequentes.

Entendemos que a argumentação pode ser percebida em vários momentos do processo investigativo, todavia, tendo em vista o conhecimento produzido em prol das questões investigativas, a argumentação torna-se evidente quando se busca legitimar tal conhecimento por meio de um movimento analítico e/ou persuasivo. Tal movimento tem como foco a percepção da coerência entre as conclusões alcançadas e os dados obtidos ou evidências experimentais, mediante um arcabouço teórico (Jiménez–Aleixandre *et al.*, 2008). Nesse sentido, a argumentação pode ser percebida como uma prática epistêmica sofisticada que se alimenta daquelas que, naturalmente, lhes antecedem no processo de investigação.

A consistência da argumentação em prol da construção e legitimação de um conhecimento, na perspectiva da Ciência, presume bons procedimentos de coleta, tratamento e interpretação de dados, sem os quais as conclusões elaboradas careceriam de elementos justificatórios que lhes dessem sustento. Tendo como base o Padrão de Argumento de Toulmin (2006), as práticas epistêmicas que colaboram para uma boa argumentação devem fornecer elementos que funcionem como dados, garantias de inferência e conhecimentos de base, dentre outros, os quais articulados entre si proporcionam uma boa estrutura argumentativa.

Kelly e Licona (2018) apresentam categorias que representam práticas epistêmicas inseridas nas instâncias sociais de proposição, comunicação, avaliação e legitimação do conhecimento. Trabalhos anteriores, tais como os de Sandoval *et al.* (2000), Sandoval e Reiser (2004) e Jiménez-Aleixandre *et al.* (2008), este último com base no trabalho de Kelly (2005), também propuseram categorias nessa direção.

De acordo com Kelly e Licona (2018), a instância social de proposição do conhecimento compreende as atividades que ocorrem, geralmente, no início de um ciclo investigativo ou mesmo no início de uma determinada fase de tal ciclo, quando os alunos articulam os próprios saberes ao planejar e executar ações para obtenção de dados. Portanto, é nessa instância que os alunos fazem observações, elaboram questões e hipóteses, planejam investigações voltadas a tais questões, realizam experimentos, obtêm e registram os dados produzidos e elaboram modelos.

Na instância social de comunicação, os alunos buscam interpretar e dar significados aos dados, sendo esses representados por meio de diferentes linguagens. Os alunos desenvolvem uma linha de raciocínio científico, negociam explicações baseadas em raciocínio e evidências e comunicam tais explicações oralmente ou por escrito, por meio de relatórios, por exemplo. (Kelly e Licona, 2018; Jiménez-Aleixandre *et al.*, 2008).

A instância social de avaliação do conhecimento envolve avaliar procedimentos e conhecimentos produzidos ao longo da investigação. Nesse sentido, avaliam-se os méritos de uma afirmação, dados ou modelos, bem como uma linha de raciocínio ou explicação científica. Na instância de legitimação, por fim, busca-se construir consenso de grupo para as explicações científicas e reconhecer um conhecimento como relevante para a comunidade epistêmica.

Consideramos que é possível perceber a argumentação para o conhecimento produzido, tendo em vista as questões investigativas, nas instâncias sociais de comunicação, avaliação e legitimação do conhecimento, ou seja, sempre que os alunos ponderarem sobre a coerência de suas explicações e conclusões, contrastando-as com evidências teóricas e experimentais e com as dos demais colegas. Isso vale tanto para o debate em torno de questões científicas quanto sócio-científicas.

Torna-se, assim, nítida a variedade de práticas epistêmicas que se alteram conforme os objetivos pedagógicos relevantes

e a natureza da investigação desenvolvida. O Quadro 1, a seguir, apresenta exemplos de práticas epistêmicas em relação às instâncias sociais de proposição, comunicação, avaliação e legitimação do conhecimento. Nele, evidenciamos as práticas que correspondem mais intimamente à argumentação relacionadas ao conhecimento produzido em uma investigação. Também indicamos (em itálico) as práticas que mais nitidamente foram desenvolvidas pelos participantes da nossa pesquisa, conforme discutiremos oportunamente.

Quadro 1: Exemplos ilustrativos de práticas epistêmicas

Instâncias sociais	Exemplos ilustrativos de práticas epistêmicas
Proposição	Elaborar questões científicas. <i>Planejar investigações científicas para responder questões.</i> <i>Pressupor evidências relevantes na investigação - elaborar hipóteses.</i> <i>Fazer observações.</i> <i>Construir dados.</i>
Comunicação	Desenvolver uma linha de raciocínio científico. <i>Fornecer uma justificativa disciplinar específica para uma asserção do conhecimento - Argumentar.</i> <i>Escrever um artigo ou relatório científico.</i> <i>Construir uma explicação científica.</i> Comunicar verbalmente uma explicação científica. <i>Construir um argumento científico baseado em evidências e raciocínios.</i>
Avaliação	Avaliar os méritos de uma afirmação, evidência ou um modelo científico. Avaliar uma linha de raciocínio científico. Avaliar uma explicação científica. Avaliar o conhecimento produzido – coordenando teoria e evidência – Argumentar. Considerar explicações alternativas.
Legitimação	Construir consenso de grupo para explicações científicas – Argumentar. Construir valores para escolha de explicações que mais se aproximam das concepções cientificamente aceitas- Argumentar. Reconhecer o conhecimento relevante para a comunidade epistêmica.

Fonte: Adaptado de Kelly e Licona (2018) e Jiménez-Aleixandre *et al.* (2008).

O Quadro 1, considerando a estrutura proposta por Kelly e Licona (2018), acrescenta a esta última a prática de argumentação em investigações científicas, em diferentes instâncias sociais. Ressalta-se, ainda, que tal Quadro não apresenta de forma exaustiva as práticas epistêmicas, dada a infinidade que estas podem alcançar, haja vista a variedade de investigações em sua estrutura e natureza. Além disso, é possível considerar que as práticas apontadas neste Quadro podem se desdobrar em práticas mais específicas, envolvendo uma subclassificação

(Jiménez-Aleixandre *et al.*, 2008). Por exemplo, “planejar investigações” e “construir dados” certamente envolvem uma variedade de práticas epistêmicas ligadas a estas mais abrangentes; todavia, não iremos nos aprofundar nesse aspecto neste artigo.

Aspectos Metodológicos

Os dados obtidos nesta pesquisa foram provenientes da aplicação de uma SEI intitulada “Contribuições da Química Forense na investigação de crimes com armas de fogo”. Tal SEI foi aplicada pela professora/pesquisadora a estudantes do curso de Química Licenciatura de uma Instituição de Ensino Superior pública da região Nordeste, os quais estavam matriculados na disciplina Metodologia e Instrumentação para o Ensino de Química.

Contamos com 23 participantes, sendo que todos, ao concordarem em participar da pesquisa, assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) permitindo o uso de filmagens e gravações em áudios, como meio de coletar dados para uma posterior análise, desde que suas identidades fossem preservadas.

A SEI foi desenvolvida em um laboratório de Química Geral da instituição de ensino. Todas as atividades propostas foram realizadas em grupos. Os 23 participantes organizaram-se em 3 grupos, sendo 2 com oito componentes e 1 com sete. Apesar de os alunos participarem ativamente das discussões ao longo da SEI, é necessário frisar que apenas 17 deles se comprometeram a responder os questionários disponibilizados no roteiro da sequência.

A Elaboração e Aplicação da Sequência de Ensino Investigativa

Na elaboração da SEI propomos partir de uma problemática que tivesse potencial para estimular a argumentação e o surgimento de práticas epistêmicas. Além disso, buscamos, na aplicação da SEI, gerar espaço para discussão com os licenciandos em Química sobre a inserção de atividades investigativas em sala de aula, tendo como tema a Química Forense.

Nossa proposta didática foi elaborada de acordo com o ciclo investigativo de Pedaste *et al.* (2015) e possui duração aproximada de quatro horas. Pedaste *et al.* (2015), ao realizarem uma revisão de literatura com o propósito de identificar elementos essenciais do ensino por investigação já publicados, propuseram um modelo de ciclo investigativo, o qual é composto de fases e subfases em que as atividades propostas se organizam de forma encadeada, caracterizando um processo de investigação científica. Todavia, vale ressaltar que o ciclo proposto não se trata de um plano rígido a ser seguido, de modo que a suas fases podem se alternar em diferentes formas a depender da investigação. A seguir, descreveremos brevemente as fases que o compõem:

Fase de Orientação - Consiste no processo de estimular o interesse e a curiosidade dos estudantes em relação a um problema ou tópico que poderá ser trabalhado durante as aulas. Nesta fase também são exploradas as concepções prévias dos estudantes.

Fase de Conceitualização - Envolve a compreensão de conceitos pertencentes ao problema ou tópico declarado na fase anterior. Nesta fase é gerada a questão de pesquisa ou formuladas perguntas mais abertas em um determinado domínio do conhecimento, como também possíveis hipóteses.

Fase de Investigação - É considerada a fase na qual a curiosidade é transformada em ação para responder à questão de pesquisa e testar hipóteses. Tal fase envolve planejamento, exploração e/ou experimentação, coleta e análise de dados.

Fase de Conclusão - Nesta fase, os aprendizes consideram as suas questões e hipóteses e analisam se elas foram respondidas, tendo em vista os resultados do estudo. É o momento em que são apresentadas as conclusões básicas do estudo, podendo-se alcançar novas percepções teóricas.

Fase de Discussão - Envolve as subfases **Comunicação e Reflexão**. A **Comunicação** pode ser percebida como o processo de apresentar resultados, comunicar descobertas e conclusões para outros participantes e receber destes últimos os feedbacks e comentários. Já a **Reflexão**, vista como um processo interno, envolve análise e avaliação de todas as etapas do ciclo ou uma fase específica deste como, por exemplo, o sucesso ou não da investigação realizada. Para isso, diversas atividades, como a redação de um diário ou narrativa e perguntas norteadoras podem servir como suporte. A fase de discussão pode acontecer em um momento particular do ciclo ou permear as suas diferentes fases.

A SEI aqui discutida buscou responder à seguinte questão: Quem matou José? A questão relaciona-se a um caso fictício apresentado na forma de narrativa, conforme será discutido. Para melhor explicitarmos o desenvolvimento da proposta didática, subdividimo-la em três etapas, apontando quais fases do ciclo encontram-se presentes em cada uma delas, como descrito a seguir:

Etapa 1 - fases de orientação e conceitualização - Inicialmente, a proposta didática foi apresentada aos participantes da SEI. Para conhecer as concepções dos estudantes sobre Ciência Forense, os mesmos foram convidados a assistir a um vídeo da Discovery Brasil (2018) (<https://www.youtube.com/watch?v=zEJJeOu0p8E>), com duração de 5 minutos e 48 segundos, cujo teor referia-se a um caso de assassinato, por arma de fogo, de três membros do mesmo grupo familiar. Após exibição do vídeo, os estudantes responderam aos seguintes questionamentos presentes no roteiro da SEI:

- 1 - Supondo que vocês sejam policiais e devam investigar o caso mostrado no vídeo, que procedimentos tomariam? Elenquem e descrevam cada um deles.
- 2 - Considerando a resposta à questão anterior, vocês acreditam que a química está envolvida na resolução da proposta? Justifiquem sua resposta.

A partir das discussões geradas pelas respostas dos estudantes, a pesquisadora explicou a eles como é realizada uma investigação que envolve homicídio e retomou à resolução do caso apresentado, fazendo uso de um segundo vídeo (<https://www.youtube.com/watch?v=LB0BOZcfCnc>), também da Discovery Brasil (2018), com duração de 8 minutos e 10 segundos. Por meio desse vídeo, os estudantes tiveram a oportunidade de observar como a polícia chegou ao responsável pelo crime, identificando cada uma das etapas da investigação policial discutidas durante a aula, além de algumas técnicas da Ciência Forense.

Dando prosseguimento às atividades, foi realizada a leitura do texto “Química Forense: utilizando métodos analíticos a favor do Judiciário”, o qual possibilitou uma discussão acerca do surgimento da Química Forense e suas técnicas de investigação, de forma mais detalhada.

Esse primeiro momento da SEI serviu para que a professora/pesquisadora explorasse as concepções prévias dos estudantes e os instigasse a se engajar nas atividades que seriam desenvolvidas, além de introduzir conhecimentos necessários para a atividade investigativa requerida na etapa seguinte.

Etapa 2 - fases de conceitualização e investigação – Na segunda etapa, os alunos planejaram e desenvolveram uma experimentação de cunho investigativo, na tentativa de solucionar um caso hipotético (Quadro 2) envolvendo uma tentativa de assalto que resultou em um assassinato. Desta forma, os estudantes buscam responder à questão central da SEI (Quem matou José?), avançando na compreensão de técnicas e conceitos da Química Forense, em casos envolvendo o uso de armas de fogo.

Quadro 2: O caso fictício de assassinato

Quem matou José?
<p>1 - Numa tentativa frustrada de roubo a um “carro forte” Chico, Mateus e Francisco, durante a fuga, atiram com uma arma de fogo contra os seguranças que reagiram ao assalto. Um dos tiros acabou atingindo o segurança José que, apesar de ter sido socorrido, não resistiu aos ferimentos e faleceu. Algumas horas depois, os três assaltantes foram identificados, capturados e levados à delegacia. No local onde os suspeitos foram encontrados, a polícia coletou mochilas, capuzes e roupas que os mesmos utilizaram no momento do assalto, como possíveis provas. Porém, a arma utilizada no crime não fora encontrada. Todos negaram a autoria do disparo que ocasionou a morte do segurança. E agora, quem matou José?</p>
<p style="text-align: center;">Questionamento:</p> <p>1 - Você seria capaz de elaborar algum esquema procedimental, considerando os conhecimentos da Química, para chegar até o suspeito? Discuta.</p>

Fonte: os autores, 2020.

Após a questão acima (Quadro 2) ser apresentada, a professora/pesquisadora escutou dos estudantes possíveis formas de solucionar o caso e realizou uma breve discussão sobre o texto: “Entendendo o que acontece quando uma arma de fogo é

disparada”, de modo a permitir que eles avançassem no sentido de propor formas de indicar o possível assassino.

Tendo sido explicitado o mecanismo de funcionamento de uma arma de fogo aos estudantes, estes foram solicitados a realizar uma pesquisa na internet sobre os procedimentos adotados pela polícia para identificar possíveis vestígios de disparos e elaborar uma forma de solucionar o caso do assassinato apresentado. Neste momento da SEI, os estudantes já tinham conhecimento de que o teste realizado nesses casos consistia na identificação de íons ou fragmentos de chumbo no corpo e nas vestes do atirador.

A professora/pesquisadora disponibilizou três amostras de tecidos de algodão para cada grupo, sendo que uma dessas amostras havia sido propositalmente contaminada com uma solução de acetato de chumbo a 1% (para representar os fragmentos de chumbo). Além disso, disponibilizou aos alunos, reagentes e vidrarias necessários à experimentação, tais como: béquer, conta-gotas, papel filtro, fita adesiva, pinças, vidro de relógio, água destilada e solução de rodizonato de sódio a 0,2%.

Os grupos deveriam elaborar um procedimento (em forma de relatório) e descobrir, fazendo uso das possíveis provas (no caso, os tecidos) disponibilizadas e de conhecimentos científicos, qual dos três suspeitos (Chico, Mateus ou Francisco) poderia ser indicado como culpado pelo crime, como mostra o Quadro 3.

Quadro 3: Atividade investigativa - Identificação de vestígios do disparo a partir de Exame Residuográfico.

Quem matou José?
<p>PROCEDIMENTO:</p> <p>Agora que sabemos que no momento do disparo de armas de fogo são deixados vestígios no local do crime e no próprio atirador e conhecendo também que existem testes químicos que podem identificar esses vestígios, vamos à investigação.</p> <p>Suponha que você é o perito responsável pela investigação da morte de José. Elabore e desenvolva com seu grupo um plano para identificar o culpado pela morte do segurança, considerando as roupas deixadas pelos bandidos em local próximo ao crime. Vocês receberão de sua professora pedaços de tecidos que representam partes da roupa de cada um dos fugitivos. Tais tecidos são as amostras a serem submetidas à análise.</p> <p>Descreva os materiais utilizados (reagentes e vidrarias), os procedimentos a serem adotados, os referenciais teóricos utilizados e as conclusões a que chegaram, justificando-as.</p>

Fonte: os autores, 2020.

Etapa 3 - fase de conclusão - No terceiro momento, após os grupos terem elaborado, testado e discutido seus procedimentos, bem como comunicado e debatido os resultados obtidos, de acordo como o que lhes foi solicitado na etapa anterior, pode-se trabalhar alguns conceitos químicos, tais como reação química e formação de complexos. Tratou-se de uma aula expositiva e dialogada, com o objetivo de sistematizar tudo que foi discutido

no decorrer da sequência e trabalhar alguns conceitos científicos com os estudantes, mostrando possíveis formas pelas quais a Química pode auxiliar à justiça na investigação e elucidação de crimes. Nesta etapa, também foi realizada uma discussão com os estudantes sobre a estrutura da SEI e seu potencial para o desenvolvimento da argumentação e práticas epistêmicas.

Procedimentos para coleta e análise dos dados

Para realização desse estudo, além dos questionários que fizeram parte do material instrucional, os dados também foram produzidos a partir de gravações em vídeo, sendo estas posteriormente transcritas. As transcrições foram feitas na íntegra, sem alteração das falas dos sujeitos da pesquisa. Após o processo de transcrição, a SEI foi recortada em episódios, com a finalidade de que fossem selecionados para análise aqueles mais relevantes de acordo com os objetivos da pesquisa.

Para analisar os argumentos orais e escritos elaborados pelos alunos, foi utilizado, como ferramenta analítica, o Padrão de Argumento de Toulmin (TAP). Para identificar as práticas epistêmicas que surgiam nas ações dos alunos, consideramos as categorias apresentadas no Quadro 1, as quais foram propostas por Kelly e Licona (2018) e Jimenez-Aleixandre *et al.* (2008).

Resultados e Discussões

Análise das concepções prévias - Etapa 1 da SEI

No primeiro momento da aula, a fim de explorar as concepções prévias dos estudantes sobre Química Forense, a professora informou que eles assistiriam a um vídeo, com duração aproximada de 6 minutos, o qual tratava de um “caso de assassinato de três membros de uma mesma família”. A principal motivação para tal crime envolvia uma disputa por herança. Ressalta-se que, durante o assassinato, apenas as vítimas encontravam-se na residência que havia sido invadida pelo assassino. Por ter havido várias desavenças entre membros daquele grupo familiar, anteriormente aos assassinatos, a polícia teve algumas dificuldades para descobrir o verdadeiro culpado.

Após a exibição do vídeo, foi solicitado aos estudantes que respondessem a questionamentos (ver pg. 22) o que nos possibilitou enxergar se eles possuíam alguma noção sobre como é realizada uma investigação de homicídios e se consideravam que a Química poderia vir a contribuir em tais casos. A discussão desenvolvida permitiu aos estudantes exporem seus argumentos quanto a uma possível resolução do caso abordado no vídeo. Vejamos a seguir:

Então pessoal, vamos discutir? Todos já responderam? Que procedimentos vocês tomariam para resolver o caso? (**Professora**)

Bom! Primeiro eu iria pegar as cápsulas das munições que tivessem no local, e veria qual o tópico

de série, para ver qual a arma utilizada no crime e que estaria ligada totalmente com o dono da arma, já que ele seria praticamente o assassino (**Aluno 3**).

É (pausa), primeiro analisaria o histórico de cada um dos suspeitos e verificaria com a vizinhança se eles viram alguma movimentação estranha de alguém conhecido ou desconhecido pelo local (**Aluno 9**).

Procurar se havia sinais de arrombamento nas portas, porque se não houver é porque alguém tinha as chaves ou acesso a casa (**Aluno 6**).

É possível observar que, nesse excerto de discussão na fase inicial da SEI, aparecem nos enunciados de alguns alunos pontos de vista justificados, os quais se constituem em argumentos. O estudante A3, por exemplo, informou que recolheria as cápsulas de munições utilizadas no crime e dispostas no local com o objetivo de conferir o número de série da arma e chegar ao possível dono da mesma, o qual seria o principal suspeito. Com relação à estrutura do enunciado de A3, temos um argumento composto por dados implícitos, conclusão e garantia de inferência.

A conclusão corresponde ao procedimento que tomaria para chegar ao suspeito do crime (o recolhimento das cápsulas de munições para análise) e, a garantia de inferência, que dá suporte a tal conclusão, corresponde à ideia de que o dono da arma seria, praticamente, o assassino. Com relação ao dado, elemento que não aparece explicitamente no texto do aluno, podemos considerar que se trata do caso do assassinato em si mesmo, ou seja a morte de três pessoas por arma de fogo. Trata-se, portanto, de um dado implícito, o qual não aparece na resposta do aluno, mas no enunciado que se refere à questão proposta. Vejamos, a seguir, o argumento do participante A3 (Figura 2).

Apesar de A3 não conseguir explicar corretamente a sua ideia, uma vez que as cápsulas de munições não apresentam o número de série da arma que as deflagrou, o enunciado do aluno apontou para uma possível análise balística, considerando que, em crimes que envolvem disparos de armas de fogo, a munição é a principal prova a ser estudada, ou seja, a partir da análise dos projéteis encontrados nas vítimas e no local do crime, seria possível ter uma ideia do tipo de arma que efetuou o disparo. Entretanto, a professora/pesquisadora considerou continuar ouvindo as respostas dos demais participantes e, posteriormente, ao final da discussão, explicou o que vinha a ser balística e o porquê dessa técnica de investigação da Ciência Forense desempenhar um papel tão importante em casos como o apresentado no vídeo. Além disso, discutiu como são realizados os confrontos balísticos e a análise dos resíduos provenientes do disparo e como são realizadas as investigações de homicídios que envolvem disparos de armas de fogo.

Outro enunciado que também chama atenção é o do aluno A6. No argumento elaborado por esse participante, constata-se a presença de garantia de inferência e conclusão, isso ao

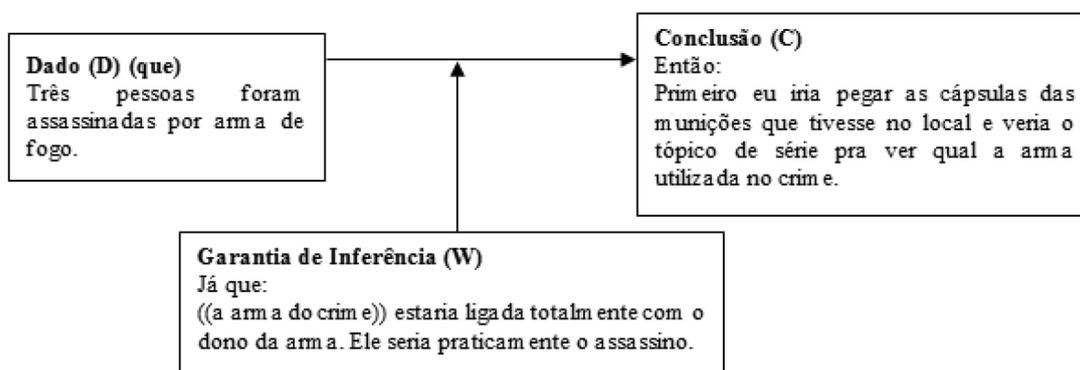


Figura 2: Esquema dos elementos presentes no argumento do aluno A3. Fonte: os autores, 2020.

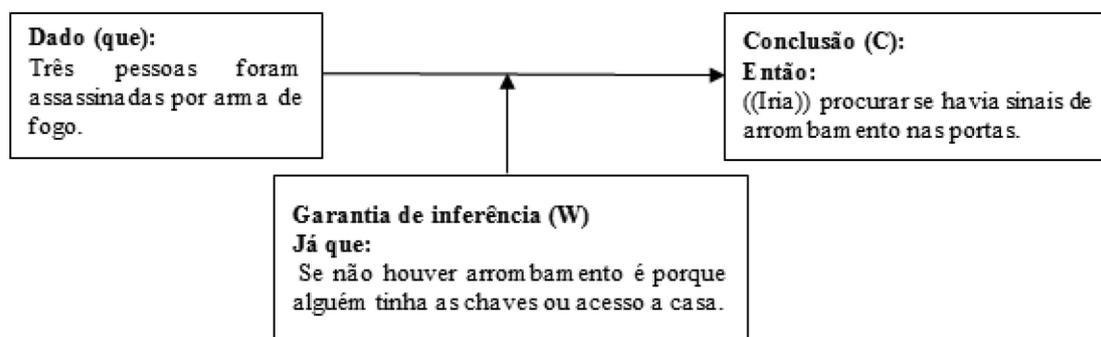


Figura 3: Esquema dos elementos presentes no argumento do aluno A6. Fonte: os autores, 2020.

considerarmos o mesmo dado implícito utilizado por A3. Vejamos, a seguir, a estrutura (Figura 3) do argumento elaborado por A6.

A6 considera a possibilidade de o assassino ser alguém que tivesse acesso à residência, não precisando, portanto, arrombar a porta para isso. O enunciado pronunciado pelo aluno A9, por sua vez, não se constitui em um texto argumentativo, visto que não representa um ponto de vista justificado. Nesse sentido, a conclusão não é sustentada por garantias de inferência como acontece nas respostas de A3 e A6.

Posteriormente a essa discussão inicial, conforme informamos, os estudantes assistiram a um outro vídeo, cujo teor referia-se à resolução do caso de homicídio abordado no primeiro. Foi solicitado que, nesse momento, os alunos prestassem atenção em todas as etapas de investigação adotada pela polícia na resolução dos crimes (já que foram três assassinatos por arma de fogo), e apontassem se a Ciência Forense contribuiu na busca pelo culpado. Todos conseguiram identificar que, de fato, alguns conhecimentos da Ciência foram adotados na investigação dos homicídios abordados no vídeo, especialmente nas análises balísticas realizadas nas armas de fogo de um dos suspeitos.

O trabalho com a atividade investigativa e a análise das práticas epistêmicas

Justificamos a escolha dessa etapa da SEI para analisar as práticas epistêmicas, por se tratar do momento no qual os estudantes teriam que apresentar uma maior autonomia

para desenvolver a atividade proposta, no sentido de planejar procedimentos, levantar hipóteses, coletar e analisar dados e fazer uma correlação com o conhecimento químico até chegar à resolução do caso proposto.

Ao observar as ações desenvolvidas pelos estudantes nessa etapa da SEI, verifica-se a ocorrência de práticas epistêmicas relacionadas às instâncias de proposição e comunicação do conhecimento, considerando o conjunto de categorias apresentado no Quadro 1.

Conforme discutimos, a questão utilizada na atividade investigativa, nessa etapa da SEI, resultou de uma história fictícia de assalto que culminou na morte de uma vítima. Os estudantes foram convidados a solucionar tal caso, fazendo uso de alguns dados fornecidos pela professora/pesquisadora e de conhecimentos da Química que eles deveriam possuir para aquela etapa do curso. O questionamento realizado pela professora, logo após a apresentação da atividade que trazia a história fictícia de assassinato foi a seguinte: Você seria capaz de elaborar algum esquema procedimental, considerando os conhecimentos da Química, para chegar até o suspeito? Discuta.

Após solicitar dos alunos a elaboração de um roteiro experimental, a professora/pesquisadora inicia uma discussão na aula, com o intuito de saber quais os procedimentos que eles executariam, e se fariam uso de conhecimentos científicos na resolução do caso. Observando as respostas dadas para a questão acima, nota-se que os estudantes já conseguiam elencar alguns procedimentos da Ciência Forense dentro de uma linha de raciocínio investigativo para resolver o caso, mas ainda não conseguiam

elaborar etapas nítidas de análises que os possibilitassem de fato a chegar ao culpado pelo crime. Vejamos alguns exemplos:

“Recolheria os vestígios e faria uma análise através do procedimento de solubilidade dos metais através da pólvora que poderia ter da arma p/ a partir disso saber qual foi o tipo de material envolvido, para poder comparar depois com os dados (Aluno 2) ”.

“Sim, em algumas reações com o chumbo (Pb) há mudanças características de cor. Isto seria possível após o estudo balístico para saber qual projétil deveria ser analisado, tomando como base a ideia de que fragmentos do material também fossem encontrados nas vestes dos suspeitos. Analisar os resquícios da bala no corpo de José e nas vestes e no corpo dos suspeitos (Aluno 7) ”.

Observando que, durante a discussão realizada e nos planejamentos apresentados pelos alunos, a maioria apontava para a análise de resquícios de pólvora nos suspeitos, a professora explicitou o mecanismo do disparo de uma arma de fogo, dando ênfase ao processo de expansão dos gases que ocorre no interior da arma, quando esta tem seu gatilho acionado, o que é responsável por expelir o projétil e pela liberação de vestígios de gases, como CO_2 e SO_2 , e outros resíduos (compostos inorgânicos como partículas de chumbo, nitrito, dentre outros). Além disso, destacou que o procedimento adotado pela perícia científica consiste na detecção de íons ou fragmentos de chumbo nas mãos e/ou vestes dos suspeitos.

Após explanação sobre o funcionamento de armas de fogo, a professora solicitou aos estudantes que se organizassem em três equipes e pesquisassem na internet uma forma de identificar vestígios de disparo a partir de exame residuo gráfico e, ainda, que os mesmos elaborassem, em seguida, um roteiro experimental mostrando como procederiam para identificar possíveis resíduos de chumbo nas amostras de tecidos (representando as vestimentas utilizadas pelos suspeitos no momento do crime), estando cada uma delas com o nome do respectivo suspeito.

Uma das pesquisadoras responsáveis pela elaboração da SEI, acompanhou alguns grupos durante o planejamento do experimento, buscando sempre instigar os estudantes a explicitar as concepções que davam sustento aos seus propósitos. Em um desses grupos, observamos que houve uma maior discussão entre a pesquisadora e os participantes. Observe, a seguir, no Quadro 4, um trecho da discussão entre a professora e tal grupo, no momento de elaboração do *design* experimental.

As transcrições do Quadro 4 possibilitam identificar que as práticas epistêmicas observadas relacionam-se à instância social de “proposição” do conhecimento, sendo elas: “planejar investigações científicas para responder questões” e “pressupor evidências relevantes na investigação - elaborar hipóteses”.

Quando o grupo 2 é questionado sobre a elaboração de um roteiro experimental, o Aluno 8 (A8) responde que eles iriam

realizar a coleta de chumbo e, posteriormente, explica como essa coleta seria feita.

Observa-se, a partir da fala do estudante, a preocupação e o cuidado do grupo ao elaborar estratégias para a coleta de dados, configurando um esquema envolvendo o uso de fita adesiva e papel de filtro umedecido para capturar possíveis vestígios de chumbo dos tecidos. Os estudantes planejaram colar pedaços do papel de filtro em três fitas adesivas (cada um para uma amostra de tecido) e umedecer esses papéis com água destilada. Após essas fitas terem sido fixadas, ao mesmo tempo, nas amostras dos tecidos, seriam retiradas e transferidas para um vidro relógio e, nos papéis, seria borrifada a solução de rodizonato de sódio a 0,2%. A presença de vestígios de chumbo seria evidenciada por uma mudança de coloração no papel de filtro (com a formação de pequenos pontos avermelhados).

Quando questionados sobre o porquê da necessidade de umedecer o papel antes da coleta, o aluno 8 responde que isso seria para que os componentes (referindo-se aos íons chumbo) se solubilizassem na água que impregnava o papel. O grupo também considerou a possibilidade de haver resíduos de chumbo em mais de uma amostra de tecido e, assim, aquele tecido que estivesse mais impregnado do material (indicado por uma maior pigmentação) seria o do principal suspeito do assassinato. Nesse sentido, os estudantes planejaram colocar os papéis de filtro umedecidos ao mesmo tempo sobre cada tecido e aí permanecerem o mesmo intervalo de tempo, de modo que tivessem a mesma oportunidade de capturar os fragmentos de chumbo.

Podemos constatar, na exposição de A8, uma articulação entre conhecimento técnico e conceitual para execução de suas ações. O estudante faz uso de conceitos científicos, tais como solubilidade e reação química, como forma de explicitar a necessidade de umedecer o papel de filtro para proceder na coleta e verificar a evidência de ocorrência de reação, de forma a identificar a presença de chumbo no(s) tecido(s). Podemos entender tal articulação entre conhecimento técnico e conceitual como uma prática epistêmica específica inserida na prática mais abrangente de planejamento de investigação. Tal prática, aliada à pressuposição de evidências, foi preponderante diante das demais performadas pelos estudantes ao longo da SEI.

É importante atentarmos para o papel desenvolvido pela professora durante as intervenções realizadas no grupo. Suas intervenções acabaram por fazer com que fossem explicitadas as concepções dos alunos que poderiam vir a compor um argumento consistente referente à questão sobre quem teria cometido o crime. Nesse sentido, é possível perceber o investimento da professora em fazer com que os alunos explicitassem os conhecimentos teóricos que davam suporte às suas ações no laboratório, a fim de que fossem garantidos, além dos dados (gerando evidências experimentais), os conhecimentos de base que sustentariam as garantias de inferência nos argumentos que construiriam para justificar o suspeito pelo assassinato. Como o provável assassino estaria ligado ao tecido com maior coloração vermelha, devido a uma reação do rodizonato com os íons Pb^{2+} ,

Quadro 4: Discussão da professora com o grupo 2 no início da atividade investigativa.

PARTICIPANTES	DISCUSSÃO	PRÁTICAS EPISTÊMICAS
PROFESSORA	Qual o procedimento? O que vocês planejaram fazer?	Planejando investigações científicas para responder questões.
ALUNO 8	Então o procedimento é o seguinte: coleta de chumbo, primeiramente...	
PROFESSORA	Pode falar, fique à vontade!	
ALUNO 8	Não, então é isso, a gente fez esse esqueminha aqui com a fita adesiva, pra não precisar tá segurando a todo momento, né? É com o papel que seria umedecido e colocar sobre os tecidos, a partir disto.	
PROFESSORA	E pra quê você tem que umedecer o papel?	
ALUNO 8	Pra os componentes se solubilizarem na água e no papel.	
PROFESSORA	Papel filtro?	
ALUNO 8	Papel de filtro, isso exatamente! E aí, após feito isso, esperar um tempo, né, determinado pra cada um, que tem que ser o mesmo e depois, a gente vai gotear a solução do reagente que vai fazer a indicação do composto que vai estar presente no tecido ou não.	
PROFESSORA	Vocês já fizeram isso?	
ALUNO 8	Não, ainda não!	
PROFESSORA	Tá, um pouquinho assim, só para entender, parece igual, mas ele fica diferente (referindo-se ao tecido). No caso de vocês, vocês estão tentando fazer ao mesmo tempo?	
ALUNO 8	Exatamente. Porque, tipo, a depender do tempo que fique aqui, solubilize uma determinada quantidade de material, ou não. Então, tem que ser o mesmo tempo pra todos, pra saber se as quantidades são exatamente as mesmas, não porque, tipo, não dá pra ser exato.	
ALUNO 14	Não é isso não ALUNO 8. Vai fazer uma reação é porque a gente tá buscando chumbo, aí vai reagir, algum indício (pausa), como a gente tá buscando indícios de chumbo, alguma reação, esse reagente vai reagir em conjunto, e ele vai apresentar alguma coisa, a gente não sabe o que vai ser apresentado, é provavelmente isso.	
PROFESSORA	Provavelmente o quê?	
ALUNO 14	A mudança de coloração.	
PROFESSORA	[...] e aí provavelmente vai ter uma mudança de cor. Por que essa mudança de cor?	
ALUNO 14	Por causa da reação desse reagente aí com o chumbo.	
PROFESSORA	E vocês saberiam que cor seria?	
ALUNO 14	Avermelhado.	
PROFESSORA	Avermelhado, graças a que?	
ALUNO 14	A formação de um complexo.	

Fonte: os autores, 2020.

resultando na formação de um complexo orgânico, a professora busca explorar essa ideia com os alunos. Vejamos no Quadro 5.

Quadro 5: Discussão da professora com o grupo 2 durante a atividade investigativa.

PROFESSORA	E o que é um complexo?
ALUNO 20	Ah, complexo... é complexo o complexo!
ALUNO 8	Complexo é, não necessariamente uma ligação feita entre os átomos, é uma, uma (pausa) ... como é que vou dizer? É uma interação eletrostática entre os constituintes.
ALUNO 14	Nesse caso vai ser uma ligação iônica.
ALUNO 8	É. com o íon chumbo.
ALUNO 14	Do rodizonato com o chumbo, é ele vai formar um complexo.
ALUNO 8	Exatamente. Com o chumbo dois mais ((+2)), né?

Fonte: os autores, 2020.

Mediante o exposto, consideramos oportuno investigar os textos escritos elaborados pelos grupos, após a discussão apresentada nos Quadros 4 e 5, referente à questão que solicitava a descrição de um roteiro experimental para identificação do culpado pela morte do segurança. Vejamos o texto elaborado pelos participantes do grupo 2:

Foram coletadas 3 amostras de tecidos, cada uma com a identificação do seu respectivo dono (suspeito). A fita adesiva será colada no papel filtro, que será umedecido e posto em cima do tecido, serão 3 papéis filtros, um para cada pedaço de tecido que pertence a cada um dos suspeitos, que no caso são 3. O papel filtro será borrifado com rodizonato de sódio 0,2% a amostra que ficar vermelha, o dono do tecido da amostra do papel filtro será o possível culpado, já que a amostra ficou vermelha pela presença de pólvora. A reação química envolvida no processo consiste na

complexação de íons chumbo pelos íons rodizonato. O complexo resultante apresentará coloração avermelhada intensa, diferentemente da solução inicial, que apresentara coloração amarelada (Grupo 2).

Os participantes do grupo 2 tiveram todo cuidado ao elaborar seus procedimentos de modo a identificar o principal suspeito do assassinato, por meio de conhecimentos da Química. Entendemos que tal fato teve grandes contribuições das intervenções realizadas pela professora ao buscar que os participantes ficassem atentos a aspectos relevantes para obtenção dos dados da investigação.

A elaboração desse texto e de outros requeridos no material intrucional da SEI constitui a prática “Escrever um relatório científico”, inserida na instância social de comunicação do conhecimento; todavia, esse fragmento ainda não se constitui em um texto argumentativo na perspectiva que discutimos, mas apenas uma descrição dos procedimentos planejados, os quais seriam depois colocados em prática. Ao final da atividade, com todas as respostas às questões propostas no roteiro, os estudantes teriam elementos para elaborar o relatório da prática.

Ressalta-se que o grupo, ao redigir o texto, cometeu um equívoco ao informar que “o dono do tecido da amostra do papel filtro será o possível culpado, já que a amostra ficou vermelha pela presença de pólvora”. A análise realizada consistia na identificação de íons ou fragmentos metálicos de chumbo, e não de pólvora, como citado pelos estudantes.

Etapa 3: Respondendo à questão central da SEI

Após todos os grupos terem elaborado, discutido, colocado em prática seus procedimentos experimentais e chegado ao principal suspeito do crime, a professora solicitou que eles respondessem aos seguintes questionamentos, presentes no roteiro da sequência: 1- Considerando a investigação desenvolvida, quem é o principal suspeito da morte de José? Justifique. 2- O

teste realizado pode ser utilizado para determinar qual dos três suspeitos foi responsável pela morte do segurança? Por quê?

Antes, porém, de discutirmos sobre as respostas obtidas a tais questionamentos, torna-se importante considerar que o desenvolvimento dos procedimentos cuidadosamente elaborados, como apresentado no Quadro 4, envolveram duas práticas epistêmicas inseridas na instância social de proposição do conhecimento: “fazer observações” e “construir dados”. Os alunos realizaram os procedimentos fazendo as observações necessárias e obtendo os dados como planejado. Comparando tais práticas com as anteriores (“planejar investigações científicas para responder questões” e “pressupor evidências relevantes na investigação - elaborar hipóteses”) observa-se que estas demandaram bem menos tempo que aquelas. Assim, se preparar todo *design* experimental, articulando conhecimentos técnicos e conceituais, envolveu muita discussão e consulta na literatura, isso não ocorreu com a obtenção de dados e sua interpretação pois, ao colocar a solução de rodizonato nos tecidos, rapidamente aquele com os resíduos de chumbo apresentou pontos avermelhados evidenciando o principal suspeito do crime, de forma incontroversa.

Portanto, quanto às respostas obtidas para a primeira questão, referente a quem poderia ser considerado culpado no caso hipotético de assassinato trabalhado durante a atividade investigativa, os 23 participantes apontaram para apenas um suspeito, enfatizando a questão de terem sido encontrados vestígios de chumbo na amostra de tecido que correspondia a tal sujeito (Mateus).

Ao analisarmos, por meio do TAP, as respostas escritas de 17 estudantes a tal questionamento, consideramos que em 8 delas havia dados, garantias de inferência, conclusões e conhecimento de base, este último de forma implícita, a exemplo do argumento elaborado pelo participante A16, como pode ser observado na Figura 4.

“Mateus. No teste realizado foi evidenciado uma coloração diferente no tecido de sua roupa. Ao

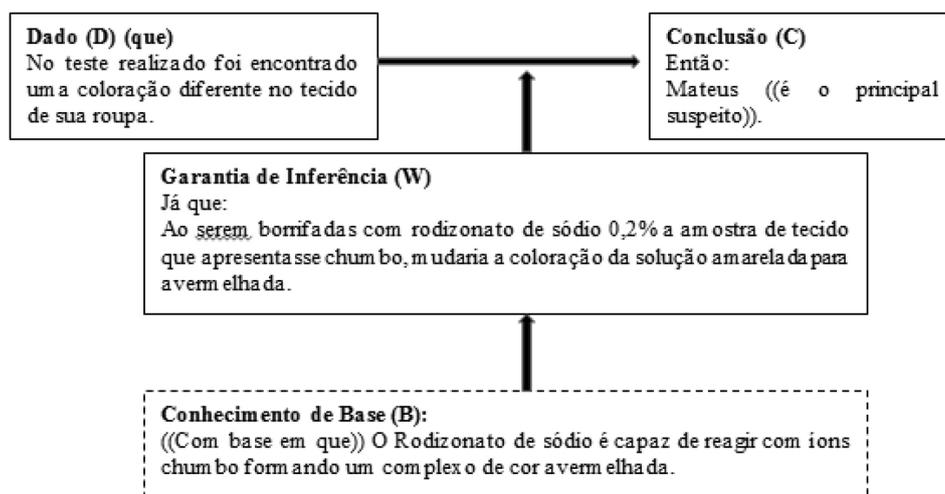


Figura 4: Esquema do argumento apresentado por A16. Fonte: os autores, 2020.

serem borrifadas com o rodizonato de sódio 0,2%, a amostra de tecido que apresentasse chumbo, mudaria a coloração da solução amarelada para avermelhada (A16)”.

Do argumento apresentado por A16, depreende-se que o conhecimento de base aparece de forma implícita na resposta do aluno, ao considerar que uma provável mudança de coloração no tecido seria resultante da reação entre o rodizonato de sódio com o chumbo. A16 faz uso dos conhecimentos anteriormente enfatizados em seu grupo, na discussão com a professora (Quadros 4 e 5), em que os estudantes informam que uma possível mudança de coloração, em uma ou mais amostras de tecido, seria resultado de uma reação química entre os íons chumbo com íons rodizonato, cujo resultado seria a formação de um complexo de coloração vermelha.

Diferentemente do argumento elaborado por A16, em 5 das respostas apresentadas pelos estudantes, a garantia de inferência apareceu de forma implícita, a exemplo dos sujeitos A9 e A17, sendo que em alguns enunciados proferidos não é possível a separação entre dados e garantias.

Observa-se que esses participantes não buscaram investir em uma argumentação com muitos detalhes. Tal fato pode ser novamente justificado pela discussão anterior, da professora com os alunos, à atividade investigativa (Quadro 4) em que estes investiram bastante na descrição do teste e dos conhecimentos químicos que sustentariam a indicação do suspeito pelo assassinato. De tal modo, possivelmente consideraram desnecessário recorrer novamente a tais conhecimentos quando elaboraram suas respostas. Vejamos:

“Mateus, por conta do teste realizado houve resquício de chumbo na veste do suspeito (A9)”.

“Mateus. Porque a partir da análise nos tecidos dos suspeitos verificou-se que o tecido proveniente da roupa dele continha chumbo, pois reagiu com o Rodizonato de Sódio 0,2% (A17)”.

Já quatro estudantes apontaram apenas o possível suspeito do crime, sem justificar o motivo de sua resposta. Nesses casos não houve a elaboração de um texto argumentativo.

A resposta à questão final da SEI, da forma como foi elaborada pela maioria dos participantes, constitui a prática epistêmica “construir um argumento científico baseado em evidências e raciocínios”, a qual se insere na instância social de comunicação do conhecimento. Com base na evidência representada pela mudança de coloração, os alunos concluem que há íons chumbo no tecido, articulando, assim, dados ou evidências experimentais e conhecimentos teóricos entre si, para chegarem à sua conclusão.

Com relação à segunda questão (O teste realizado pode ser utilizado para determinar qual dos três suspeitos foi responsável pela morte do segurança? Por quê?), apenas um estudante

discordou que o procedimento realizado não poderia ser utilizado para determinar, com veracidade, o suspeito pelo crime, pois o chumbo encontrado nas amostras dos tecidos, representando as vestimentas do criminoso, poderia ser proveniente de fontes diferentes e não apenas de disparo de arma de fogo. Tal informação poderia funcionar como refutador na composição do argumento referente à questão anterior, colocando limites na conclusão sobre o suspeito do assassinato, mas isso não aconteceu. Os argumentos elaborados não contaram com esse elemento.

A resposta do aluno corresponde a uma nova prática epistêmica inserida na instância social de comunicação do conhecimento, envolvendo argumentação, qual seja: Fornecer uma justificativa disciplinar específica para uma asserção do conhecimento.

Ao longo da atividade investigativa podemos então verificar o desenvolvimento evidente de práticas epistêmicas nas instâncias sociais de proposição e comunicação do conhecimento, de acordo com o que discutimos na seção em que tratamos desse tópico. Entendemos que a natureza da investigação envolvida na atividade propiciou que as práticas tenham sido articuladas nessas instâncias. O fato de os procedimentos para a geração de dados (envolvendo o uso de rodizonato de sódio e sua reação com o chumbo) baseados nos aportes teóricos buscados na literatura, bem como os resultados obtidos não gerarem controvérsias evitou uma demanda avaliativa acerca de procedimentos, hipóteses, resultados, explicações e conclusões. Também não houve nítidas discussões acerca da legitimidade de tais procedimentos e conhecimentos.

Conforme comentamos, cada investigação potencialmente demanda um certo repertório de práticas. Aliado a isso, há a influência do contexto em que ela é desenvolvida, incluindo-se aí as características dos alunos e intervenções do professor. Todavia, na SEI desenvolvida torna-se evidente que houve espaço para a argumentação e outras práticas epistêmicas.

Considerações Finais

Este estudo teve por objetivo analisar o desenvolvimento de uma SEI, estruturada em torno de um tema da Química Forense, verificando o espaço gerado para a argumentação e outras práticas epistêmicas, quando aplicada no contexto de formação inicial de professores, em uma turma de licenciandos em Química.

Os excertos de algumas discussões tomadas para análise nesse estudo, mostraram que, inicialmente, poucos participantes da SEI preocuparam-se em justificar seus pontos de vistas, como também permitiram perceber se eles tinham alguma noção sobre como são realizadas as investigações de homicídios que envolvem disparos de armas de fogo e como a Química contribui em tais casos. Apesar de se tratar de um momento introdutório da sequência, foi nítida a dificuldade de alguns estudantes em se posicionar e argumentar diante de uma situação que exigia tomada de decisão. Tal fato chama atenção

para a necessidade de propostas de ensino, durante a formação inicial que busquem fomentar a argumentação em sala de aula. Como afirmam Lourenço *et al.* (2016), o desenvolvimento dos saberes docentes relativos ao discurso argumentativo é uma das condições necessárias para a inserção da argumentação na educação científica, como vem sendo defendida por propostas atuais de ensino na Educação Básica.

Em relação à análise das práticas epistêmicas, verificou-se a ocorrência nas instâncias sociais de proposição e comunicação do conhecimento, já que houve um grande investimento dos alunos em planejar a própria investigação e promover seu desenvolvimento de modo a coletar os dados necessários para responder à questão investigativa. Todavia, os procedimentos e conhecimentos teóricos envolvidos, bem como os dados obtidos não fomentaram tratamento ou pontos de vista controversos que resultassem em negociações de explicações e avaliações entre eles, de modo que práticas nas instâncias de avaliação e legitimação não foram evidentes. Como afirma Silva (2015), no tocante às práticas epistêmicas, apesar de algumas serem recorrentes em diferentes atividades de caráter investigativo, elas encontram-se ligadas à estrutura da atividade, podendo variar em função desta ou de fatores contextuais.

Quanto à argumentação, percebemos que a atividade investigativa envolvendo a Química Forense gerou espaço para tal prática. Ao longo da SEI, foi perceptível uma crescente disposição dos alunos em apresentar suas ideias e justificar seus pontos de vista por meio de um discurso argumentativo, como o que ocorreu ao final, em que aparecem nos textos escritos enunciados em que se pode identificar uma quantidade maior de elementos do TAP, como dados, garantias, conhecimento de base e conclusão em relação aos argumentos expressos inicialmente.

Considerando os resultados da pesquisa com relação à aparição de práticas epistêmicas em geral e da argumentação, em particular, é importante considerar que a SEI foi aplicada a alunos da licenciatura como uma forma de proporcionar posteriormente uma discussão sobre o ensino por investigação. Além da natureza da investigação proposta, em que os procedimentos e resultados obtidos se mostraram incontestáveis, é possível que aplicada em uma turma de série final do Ensino Médio, possa ocorrer de o planejamento da investigação e procedimentos tomados não levarem a resultados tão certos, gerando mais discussão e, conseqüentemente, mais argumentação em torno de possíveis explicações e conclusões.

De toda forma, os resultados obtidos da aplicação da SEI, bem como a discussão com os futuros professores, nos levaram a refletir sobre a possibilidade de reajustes na mesma, a fim de mobilizar diferentes tipos de prática, como proposto por Kelly e Liconi (2018). Um das possibilidades é aumentar o número de objetos a serem investigados. Além das roupas dos envolvidos no assalto, pode-se considerar a análise de digitais na arma do crime, o que pode ser feita por diferentes métodos. Pode-se, ainda, considerar os vestígios de chumbo em mais de uma das vestes dos envolvidos. Isso certamente possibilita uma avaliação

das diferentes possibilidades de *designs* de experimentos pelos alunos. Outros estudos podem envolver essas alterações.

Consideramos que os resultados desta pesquisa contribuem para aumentar o leque de opções de estratégias para promoção da argumentação e demais práticas epistêmicas ao longo de atividades investigativas, no ensino de Química. Além disso, apresenta uma SEI que pode mobilizar discussões valiosas com futuros professores, já que esta envolve um tema ainda pouco explorado nesse campo - a Química Forense. Como discutimos inicialmente, apesar de haver uma vasta literatura sobre atividades investigativas e as práticas que estas envolvem, tal como a argumentação, os investimentos sobre diferentes temas e estratégias didáticas nesta direção na formação de professores é algo que deve ser estimulado.

Agradecimento

Agradecemos à Capes pela bolsa e pelo apoio financeiro (Projeto 88881 15 7927 / 2017 - 01).

Referências

- ALTARUGIO, M. A.; DINIZ, M. L. e LOCATELLI, S. W. Debate como estratégia em aulas de química. *Química Nova na Escola*, v. 32, n. 1, p. 26-30, 2010.
- ARAÚJO, A. O. *O uso do tempo e das práticas epistêmicas em aulas práticas de química*. 2008. 141f. Dissertação (Mestrado em Educação) Faculdade de Educação – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.
- AUTH, M. A. e ANGOTTI, A. P. Contribuições epistemológicas para o ensino/aprendizagem de Ciências. *Rev. Contexto & Educação*, v. 18, n. 69, p. 69-86, 2003.
- AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). *Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa a Prática*. São Paulo: Ed. Thomson, 2004.
- BRITO, J. Q. A. e SÁ, L. P. Estratégias promotoras da argumentação sobre questões sócio-científicas com alunos do ensino médio. *Rev. Eletrônica. de Enseñanza de las Ciencias*, v. 9, n. 3, p. 505-529, 2010.
- CAPECCHI, M. C. V. M. Problematização no ensino de ciências. In: 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. Uma metodologia de pesquisa para estudar os processos de ensino e aprendizagem em salas de aula. In: SANTOS, F. M. T. e GRECA, M. I. (Org.). *A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias*. 2ª ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2011.
- CARVALHO, A. M. P. e GIL-PÉREZ, D. *Formação de professores de ciências*, 2000.
- DIAS FILHO, C. R. e ANTEDOMENICO, E. A perícia criminal e a interdisciplinaridade no ensino de ciências naturais. *Química Nova na Escola*, v. 32, n. 2, p. 67-72, 2010.

- DISCOVERY BRASIL. Crime por dinheiro ou vingança? / Assassinatos em Família/ Investigação Discovery. Vídeo 8' 10". Publicado em 26 mai. de 2018. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=LB0BOZcfCnc>. Acesso jun. 2018.
- DISCOVERY BRASIL. Triplo homicídio em uma família perfeita. Vídeo 5' 48". Publicado em 19 mai. 2018. Disponível em : <https://www.youtube.com/watch?v=zEJJeOu0p8E>. Acesso em jun. 2018.
- DRIVER, R.; NEWTON, P. e OSBORNE, J. Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, v. 84, n. 3, p. 287-312, 2000.
- FERREIRA, A. G. Química forense e técnicas utilizadas em resolução de crimes. *Revista Acta de Ciências e Saúde*, v. 02, n. 05, p. 32-44, 2016.
- GALVÃO, V. S. e PRAIA, J. F. Construir com os professores do 2º ciclo práticas letivas inovadoras: um projeto de pesquisa sobre o ensino do tema curricular 'alimentação humana'. *Ciência & Educação*, v. 15, n. 3, p. 631-645, 2009.
- GARCIA-MILA, M.; GILABERT, S.; ERDURAN, S. e FELT, M. The effect of argumentative task goal on the quality of argumentative discourse. *Science Education*, v. 97, n. 4, p. 497-523, 2013.
- GERALDI, A. M. *Relações entre os graus de abertura de atividades investigativas e o desenvolvimento de argumentos por estudantes do ensino fundamental*. 2017. 114f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, Instituto de Biociências, Instituto de Química e Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.
- HODSON, D. Learning science, learning about science, doing science: Different goals demand different learning methods. *Inter. Jour. of Sci. Edu.*, v. 36, n. 15, p. 2534-2553, 2014.
- IBRAIM, S. S. e JUSTI, R. Influências de um ensino explícito de argumentação no desenvolvimento dos conhecimentos docentes de licenciandos em Química. *Ciênc. Educ.*, v. 23, n. 4, p. 995-1015, 2017.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. e BROCCOS, P. Desafios metodológicos na pesquisa da argumentação em ensino de ciências. *Revista Ensaio*, v. 17, nº Especial, p.139-159, 2015.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; MORTIMER, E. F.; SILVA, A. C. T. e BUSTAMANTE, J. D. Epistemic practices: an analytical framework for science classrooms. In: Annual Meeting of American Educational Research Association (AERA). 2008, New York: *Proceedings of AERA*. New York: AERA, 2008.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; RODRIGUEZ, A. B. e DUSCHL, R. A. Doing the lesson "or" Doing Science: Argument in High School Genetics. *Science Education*, v. 84, n. 6, p. 757-792, 2000.
- KELLY, G. J. Inquiry, activity, and epistemic practices. In: Inquiry conference on developing a consensus research agenda. 2005, Ne Brunswick: *Proceeding of Inquiry Conference on Developing a Consensus Research Agenda*. New Brunswick, 2005.
- KELLY, G. J. Discourse practices in science learning and teaching. In: LEDERMAN, N. G. e ABELL, S. K. (Eds.). *Handbook of research on science education (2)*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 2014.
- KELLY, G. e DUSCHL, R. A. Toward a research agenda for epistemological studies in science education. In: Annual meeting of the National association for research in Science Education. Nova Orleans, Louisiana: *Proceedings...* Washington: AERA, 2002.
- KELLY, G. J. e LICONA, P. Epistemic practices and science education. MATTHEWS, M. R. (Ed.). *History, Philosophy and Science Teaching, Science: new perspectives*. Dordrecht: Springer International Publishing AG, 2018. DOI 10.1007/978-3-319-62616-1_5.
- LOURENÇO, P. C. C.; ABIB, M. L. V. S. e MURILLO, F. J. Aprendendo a ensinar e a argumentar: saberes da argumentação docente na formação de futuros professores de química. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação*, v. 16, n. 2, p. 295-316, 2016.
- MENDONÇA, P. C. C. e JUSTI, R. S. Ensino-Aprendizagem de ciências e argumentação: discussões e questões atuais. *Rev. Bras. de Pesq. em Educ.*, v. 13, n. 1, p. 187-2016, 2013.
- MILLER, J. D. Scientific Literacy: a conceptual and empirical review. *Daedalus*, v. 112, p. 29-48, 1983.
- NASCIMENTO, S. S. e VIEIRA, R. D. A argumentação em sala de aula de física: limites e possibilidades de aplicação do padrão de Toulmin. In: NASCIMENTO, S. S. e PLANTIN, C. (Org.). *Argumentação e Ensino de Ciências*. 1 ed. Curitiba: Editora CRV, 2009.
- PEDASTE, M.; MÄEOTS, M.; SIIMAN, L.; SISWA, T. J.; KAMP, E. T.; ZACHARIA, Z.C. e TSOURLIDAKI, E. Phases of inquiry-based learning: definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, v. 14, n. 1, p. 47-71, 2015.
- QUADROS, A. L. e CORRÊA, R. G. A interação entre o campo profissional e o campo formativo: o caso do Pibid/Química da UFMG. In: CHAPANI, D. T.; DUARTE, A. C. S. e SANTOS, B. F. (Orgs.). *A pesquisa e a formação de professores de ciências e matemática*. Curitiba: CRV, 2020.
- ROSA, M. F.; SILVA, P. S. e GALVAN, F. B. Ciência forense no ensino de química por meio da experimentação. *Química Nova na Escola*, v. 00, n. 0, p. 1-9, 2014.
- SÁ, L. P.; KASSEBOEHMER, A. C. e QUEIROZ, S. L. Esquema de argumento de Toulmin como instrumento de ensino: explorando possibilidades. *Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 16, n. 03, p. 147- 170, 2014.
- SÁ; L. P. e QUEIROZ, S. L. Promovendo a argumentação no ensino superior de química. *Revista Química Nova*, v. 30, n. 8, p. 2035-2042, 2007.
- SANDOVAL, W. A.; BELL, P.; COLEMAN, E. B.; ENYEDY, N. e SUTHERS, D. D. Designing knowledge representations for learning epistemic practices of science, 2000.
- SANDOVAL, W. e REISER, B. J. Explanation-driven inquiry: integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. *Science Education*, v. 88, p. 345-372, 2004.
- SASSERON, L. H. *Alfabetização científica no ensino fundamental: estrutura e indicadores deste processo em sala de aula*. 2008. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- SASSERON, L. H. A construção de argumentos em aulas de ciências: o papel dos dados, evidências e variáveis no estabelecimento de justificativas. In: Anais do XVI ENDIPE. Campinas, SP, 2012.

- SASSERON, L. H. Interações discursivas e investigação em sala de aula: o papel do professor. In: CARVALHO, A. M. P. *Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. *Rev. Ensaio*, v. 17, n. Especial, p. 49-67, 2015.
- SASSERON, L. H. e DUSCHL, R. A. Ensino de ciências e as práticas epistêmicas: o papel do professor e o engajamento dos estudantes. *Revista Investigações em Ensino de Ciências*, v. 21, n. 2, p. 52-67, 2016.
- SCARPA, D. L. O papel da argumentação no ensino de ciências: lições de um workshop. *Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 17, n. Especial, p. 16-30, 2016.
- SEBASTIANY, A. P.; PIZZATO, M. C.; DEL PINO, J. C. e SALGADO, T. D. M. A utilização da ciência forense e da investigação criminal como estratégia didática na compreensão de conceitos científicos. *Educ. Quím.*, v. 24, n. 1, p. 49-56, 2013.
- SILVA, A.; C.; T. Interações discursivas e práticas epistêmicas em salas de aula de ciências. *Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 17, n. SPE, p. 69-96, 2015.
- SILVA, W. M.; VELASCO, P. D. N. e ZANOTELLO, M. O. Debate na perspectiva da lógica informal: uma abordagem para análise da argumentação em aulas de ciências. *Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 18, n. 2, p. 99-127, 2016.
- TEIXEIRA, F. M. Argumentação nas aulas de ciências para as séries iniciais. In: NASCIMENTO, S. S. e PLANTIN, C. (Org.). *Argumentação e Ensino de Ciências*. 1ªed. Curitiba: Editora CRV, 2009.
- TOULMIN, S. E. *Os Usos do Argumento*. São Paulo: Martins Fontes, 2006.
- VAN EEMEREN, F. H.; GROOTENDORST, R.; HENKEMANS, F. S.; BLAIR, J. A.; JOHNSON, R.H.; KRABBE, E. C. W.; PLANTIN, C.; WALTON, D. N.; WILLARD, C. A.; WOODS, J. e ZAREFSKY, D. *Fundamentals of argumentation theory: A handbook of historical backgrounds and contemporary developments*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum, 1996.
- ZOMPERO, A. F. e LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. *Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 13, n. 3, p. 67-78, 2011.