

## **Experimentação no ensino de Química: A urgência do debate epistemológico na formação inicial de professores**

**Thiago Antunes-Souza**

Universidade Federal de São Paulo, Brasil. E-mail: [tasouza@unifesp.br](mailto:tasouza@unifesp.br)

**Resumo:** O objetivo deste trabalho é analisar o papel pedagógico da experimentação, a partir de um diálogo de aula ministrada para alunos de último ano de um curso de Química-Licenciatura que focalizou as concepções prévias concernentes à atividade de laboratório no ensino de Química. As análises do episódio de aula são construídas com base em pressupostos da abordagem histórico-cultural. Os resultados enfatizam as contribuições do debate epistemológico na e para a formação de professores de Química como ferramenta potente de superação das marcas positivista-empiristas que são reverberadas nas práticas de ensino.

**Palavras-chave:** formação de profesoeres, Epistemología, experimentação.

**Title:** Experimentation in Chemistry teaching: the urgency of the epistemological debate in initial teacher training

**Abstract:** The goal of this papers is to analyze the pedagogical role of the idea of experiments that senior undergraduate chemistry students have. Data was taken from a discussion among students, which was focused on alternative ideas related to experimental activity in the teaching of chemistry. The data analysis was done based on an historical-cultural premise. Results emphasize the contribution of the epistemological debate in and to chemistry teaching training as a powerful tool that let teachers go beyond positivist-empiricist views which have been repeated many times in teaching practices.

**Keywords:** teacher training, Epistemology, experimentation.

### **Introdução**

No campo da Educação Química, estudos do filósofo Gaston Bachelard são bastante difundidos entre pesquisadores da comunidade científica brasileira. Embora este não seja o referencial teórico norteador do presente artigo, iniciamos com suas palavras pois julgamos sua crítica ao positivismo entranhado nas práticas de ensino, representativa do que temos no horizonte de composição das assertivas que serão tecidas neste trabalho:

É essa ciência para filósofos que ainda ensinamos a nossos filhos. É a ciência experimental dos decretos ministeriais: pese; meça; conte; desconfie do abstrato, da regra; dirija a mente dos jovens para o concreto, para o fato. Ver para compreender é o ideal desta estranha pedagogia. Pouco importa se, assim, o pensamento vai do fenômeno

mal observado à experiência mal feita. Pouco importa se a ligação epistemológica assim estabelecida for do pré-lógico da observação imediata para a sua verificação sempre infalível pela experiência comum, em vez de ir do programa racional de pesquisas para o isolamento e a definição experimental do fato científico sempre artificial, delicado e escondido (Bachelard, 2008, p. 12).

Nesta crítica epistemológica revelam-se elementos do pensamento positivista-empirista para produção de conhecimento que quando reverberados na prática escolar, marcam duas características bastante criticadas na literatura educacional. A primeira de que as práticas de laboratório muitas vezes ficam restritas à exaltação do fenômeno em decorrência da concepção de que o conhecimento vem da observação (Schnetzler, Silva e Antunes-Souza, 2016; Silva, Machado e Tunes, 2019; Souza, Akahoshi, Marcondes e Carmo, 2013). A segunda, de que as teorias científicas infalíveis deveriam ser comprovadas por meio do experimento, esvaziando a função pedagógica da experimentação no ensino (Galiuzzi e Gonçalves, 2004; Gonçalves e Marques, 2016; Hodson, 1994; Praia, Cachapuz e Gil-Pérez, 2002).

A prática de experimentação como estratégia para o ensino de Química consolida-se na segunda metade do século XX. No Brasil, o trabalho de laboratório tem início no século XIX por necessidades socioeconômicas e, mais tarde, foi inserido nas aulas de ciências de forma utilitarista (associação de conhecimento teórico às atividades de extração e transformação de minério em metais). Entretanto, é no início do século XX, que foi regulamentada a introdução de atividades experimentais para as aulas de ciências em instituições de ensino brasileiras (Silva, Machado e Tunes, 2019).

Durante vários anos, desde a década de 30, as atividades experimentais são introduzidas e reintroduzidas no ensino de ciências sob vários enfoques. Além disso, há décadas a pesquisa em ensino de Química/Ciências socializa investigações acerca da função da atividade de laboratório nas escolas (Andrade e Viana, 2017; Barberá e Valdés, 1996; Galiuzzi e Gonçalves, 2004; Gonçalves e Marques, 2016; Hodson, 1994; Praia et al., 2002; Silva e Zanon, 2000; Souza et al., 2013; entre outros). Apesar das inúmeras investigações, os estudiosos trazem em comum a manifestação de que ainda perdura a visão de relação da aula prática como via de comprovação da teoria e de práticas pedagógicas que enfatizam aspectos fenomenológicos em detrimento da interpretação em termos teórico-conceituais.

Ainda entre aqueles estudos, outro consenso é de que o professor, bem como suas ações, são um reflexo da sua visão de ciência (Praia et al., 2002; Silva e Zanon, 2000). Nessa perspectiva, justificamos a importância de se discutir tal temática ao acreditar que a reflexão epistemológica sobre a produção científica e seu ensino pode contribuir para a mudança da prática pedagógica. Nessa perspectiva, ainda é atual e relevante indagar-nos sobre qual é função pedagógica da experimentação? Qual é a sua contribuição para o processo de ensino-aprendizagem? Qual é o papel de professores e alunos neste processo?

A concepção de ciência como produto neutro que expressa a verdade da realidade em que foi produzida, reforça a compreensão de que suas leis e teorias, já estando prontas na natureza, nos são reveladas por meio de observações. Esta crença legitimada pela maioria dos cursos de formação de professores exclui da visão científica um de seus aspectos mais marcantes: o entendimento do conhecimento científico como um sistema coerente de conceitos e concepções, produzido pela cultura humana para explicar uma certa maneira de entender os fenômenos e transformar a natureza (Maldaner e Zanon, 2019; Silva, Machado e Tunes, 2019).

Portanto, “nós queremos pensar a química como uma realidade produzida pelo homem em processo intelectual e que o ensino dessa matéria permita o acesso a essa realidade histórica. Essa ruptura epistemológica fundamental que teria de acontecer!” (Maldaner, 2000, p. 392).

Deste modo, introduzir na formação de professores espaços de questionamento sobre quais concepções de ciência ou de experimentação os alunos possuem apresenta-se como alternativa para (re)elaboração de novas visões de mundo. “Isto porque a epistemologia é uma teoria da ciência que permite a argumentação entre vários sujeitos sobre um mesmo campo de conhecimentos” (Maldaner, 2000, p. 65).

Visando contribuir para o debate epistemológico acerca da função de experimentação no ensino de Química, socializamos os resultados de uma pesquisa de doutorado que teve como objetivo investigar se e como futuros professores de Química (re)elaboraram suas visões de docência, de experimentação e ciência. Neste artigo, apresentamos um recorte daquele estudo, portanto, nosso objetivo é analisar o papel pedagógico da experimentação, a partir de um diálogo de aula ministrada para alunos de último ano de um curso de Química-Licenciatura que focalizou as concepções prévias concernentes à atividade de laboratório no ensino de Química.

### **Debate epistemológico sobre a ciência e o seu ensino**

A reflexão epistemológica sobre a ciência que ensinamos tem sua importância na medida em que nas atuais práticas de formação há o predomínio de um conhecimento científico que é considerado inquestionável, verdadeiro, neutro e objetivo, incapaz de suscitar a problematização crítica do verdadeiro significado da ciência para/na sociedade (Lopes, 2007; Maldaner, 2000). Além disso, essa visão científica reverberada nos cursos de formação inicial de professores de Ciências/Química tende a se perpetuar nas práticas escolares, já que nossa concepção de ciência influencia diretamente a escolha pelos conteúdos a serem desenvolvidos e modo como serão ensinados:

Se a ciência é vista como, por exemplo, atividade humana que produz conhecimento válido em oposição a outros conhecimentos (populares, de senso comum, expressão artística), o ensino tende a revelar apenas o conhecimento da ciência, esquecendo que os conhecimentos dito pré-científicos viabilizaram a humanidade e permitiram uma relação prática do homem com a natureza, às vezes de forma mais equilibrada do que a que temos hoje (Maldaner, 2000, p. 63).

Logo, a análise crítica da concepção de ciência apresenta-se como importante ferramenta para o debate epistemológico, pois são nestes preceitos que a racionalidade instrumental perdura e prevalece fortemente até hoje nas relações escolares, isto é, no que se refere ao modelo de como a ciência é ensinada e concebida nas escolas (Lopes, 2007; Maldaner e Zanon, 2019).

A natureza do conhecimento científico nas abordagens restritas aos aspectos macroscópicos apresenta uma tendência empirista/positivista de experimentação já criticada por inúmeros trabalhos de pesquisa em Educação Química (Praia et al., 2002; Schnetzler, Silva e Antunes-Souza, 2016; Silva e Zanon, 2000; entre outros). Os mais famosos defensores do empirismo são os filósofos ingleses: Francis Bacon, Thomas Hobbes, John Locke, George Berkeley e David Hume.

Para explicitar a concepção de experiência *versus* conhecimento estabelecida por essa corrente filosófica recorreremos aos estudos de David Hume, pois, ele tratou sobre os limites do entendimento humano, partindo das concepções empiristas já bem fundamentadas na Inglaterra desde Bacon. Para o autor, o empirismo tem na experiência sensível a base de todo o conhecimento científico – “é-nos impossível pensar em algo que antes não tivéramos sentido, quer pelos nossos sentidos externos quer pelos internos” (Hume, 1734/1996, p. 75) - e, em seu método, o objeto é preponderante em relação ao sujeito.

Desta forma, ao argumentar que o conhecimento emana da experiência, Hume (1734/1996) discorre sobre a origem das ideias por meio da distinção entre impressões e ideias. As impressões são fornecidas pelos sentidos e podem ser internas (paixões, alegrias, tristezas etc.) ou externas (sons, imagens, aromas, dores etc.), portanto são mais fortes e vivas.

Nessa linha de pensamento, Hume afirma que, por exemplo, um homem cego jamais poderia pensar na cor vermelha, uma vez que ele nunca a viu; ou uma pessoa sem olfato jamais saberia qual é o cheiro de uma maçã madura, pois nunca experimentou esta sensação; ou, ainda, que a ideia de Deus seria fruto de nossas próprias reflexões a respeito das qualidades de bondade e de sabedoria infinitamente aumentadas. Com o intento de melhor refletir acerca da distinção entre ideias e impressões, destacamos um trecho de sua obra que pode caracterizar seu pensamento:

Todas as idéias, especialmente as abstratas, são naturalmente fracas e obscuras; o espírito tem sobre elas um escasso controle; elas são apropriadas para serem confundidas com outras idéias semelhantes, e somos levados a imaginar que uma idéia está aí anexada se, o que ocorre com frequência, empregamos qualquer termo sem lhe dar significado exato. Pelo contrário, todas as impressões, isto é, todas as sensações, externas ou internas, são fortes e vivas; seus limites são determinados com mais exatidão e não é tão fácil confundi-las. Portanto, quando suspeitamos que um termo filosófico está sendo empregado sem nenhum significado ou idéia [...] devemos apenas perguntar: de que impressão é derivada aquela suposta idéia? (Hume, 1734/1996, p. 38–39).

Refletindo sobre este excerto, cabe-nos uma questão: como pode o homem pensar em algo que nunca viu? Como poderia o homem, por exemplo, pensar em uma sereia sem nunca tê-la visto antes? Para explicar tal fato Hume apoia-se na associação das ideias e no princípio de liberdade da imaginação: “é evidente que há um princípio de conexão entre os diferentes pensamentos ou ideias do espírito humano e que, ao se parentarem à memória ou à imaginação, se introduzem mutuamente com certo método e regularidade” (Hume, 1734/1996, p. 39). Ora, é possível ao homem pensar numa sereia por meio da associação de ideias: uma sereia nada mais é do que uma mulher com calda de peixe e, tendo o homem a ideia de mulher e a ideia de peixe, sua imaginação tem a liberdade de criar tal figura inexistente na realidade.

No que tange ao positivismo, como nos diz Comte (1830/1973) resgatando as ideias empiristas, o método científico está baseado na observação dos fatos para o estabelecimento de leis gerais, a qual é marcada, impreterivelmente, pela distância sujeito-objeto. O objetivo da ciência, portanto, é descrever os fenômenos por meio da observação: “ver para prever”, uma vez que se pretendia somente analisar suas circunstâncias de produção, estabelecendo leis às quais os fenômenos estariam sujeitos e não conhecer suas origens ou causas últimas:

[...] a perfeição do sistema positivo à qual este tende sem cessar, apesar de ser muito provável que nunca deva atingi-la, seria poder representar todos os diversos fenômenos observáveis como casos particulares dum único fato geral, como a gravitação o exemplifica (Comte, 1830/1973, p. 10)

O estudo da natureza seria, assim, uma ferramenta de ação do homem sobre a mesma. Os estudos dos fenômenos para o conhecimento das leis que os regessem permitiriam sua previsão e, conseqüentemente, a sua alteração em proveito do próprio homem: “ciência, daí previdência; previdência, daí ação” (Comte, 1830/1973, p. 29).

Práticas de ensino sustentadas por uma ciência/química pura, “desencarnada” da realidade e neutra, fomentaram a ideia de que a experimentação comprovaria a teoria desde as abordagens de ensino por descoberta iniciado nos anos 1960-1970 (Mól, 2012). Quando pensamos sobre as ciências, em particular as chamadas ciências da natureza, é inegável concebê-las como qualquer outra atividade humana e, portanto, decorrente de processos sociais, históricos e culturais. Uma vez que o cientista se constitui a partir de interações sociais em seu período de vida, sua produção científica se perpetua, também, em processos sociais, num bojo de relações práticas culturais, o que permite a recriação em cada geração junto a cada indivíduo. Assim se produz ciência, os conceitos científicos são construções humanas que em novos contextos, novas épocas, adquirem novos sentidos, ou seja, são construções humanas e históricas (Maldaner, 2000).

Desta maneira, ensinar e aprender requer compreender o tipo de pensamento desta área de conhecimento e suas singularidades metodológicas de produção quando desdobradas em ambiente escolar. Os problemas de ensino vão mais além da capacidade de decifração da simbologia própria científica, surgindo, assim, a necessidade de

compreendermos os aspectos epistemológicos e sociológicos associados ao problema educacional de uma forma mais ampla (Lopes, 2007; Maldaner, 2000; Maldaner e Zanon, 2019).

### **Contribuições da abordagem histórico-cultural para a elaboração conceitual**

Nosso interesse na discussão teórica sobre a constituição social do conhecimento e do funcionamento intersubjetivo tecida pelos estudiosos da abordagem histórico-cultural, principalmente por Vygotski, está em focalizar o papel da educação escolar como cerne para formação das funções psicológicas superiores. Segundo o autor, a tarefa concreta da escola está em possibilitar condições para o desenvolvimento de estruturas de pensamento cada vez mais abstratas e generalizantes:

um sistema de ensino baseado exclusivamente em meios visuais, e que excluísse tudo quanto respeita ao pensamento abstrato, não só não ajuda a criança a superar uma incapacidade natural [operar com conceitos científicos], mas na realidade, consolida tal incapacidade, dado que ao insistir sobre o pensamento visual elimina os germes do pensamento abstrato (Vygotski, 1934/2014, p. 113).

Em concordância a ideia central da citação acima, Prestes (2010) indica que esse conceito atribui à escola a função de espaço que estimula processos internos de desenvolvimento no âmbito das relações com o outro, que são internalizados e convertidos em estruturas internas de pensamento. Por isso Vygotski dizia que: "durante a idade escolar, o desenvolvimento se centra na transição das funções superiores da atenção e da memória para as funções superiores da atenção voluntária e da memória lógica" (Vygotski, 1934/2014, p. 208, nossa tradução).

Esse salto qualitativo de pensamento pode ser caracterizado como aquele que possibilita o avanço da inter-relação das funções psíquicas (Vygotski, 1934/2014). Afinal, é nesse espaço que se constitui a transmissão de conhecimento de forma deliberada e sistematizada podendo (e devendo) promover a conversão dos signos externos em "instrumentos" psíquicos (Martins e Rabatinni, 2011).

Ainda em referência à experiência escolar, Martins e Rabatinni (2011) ressaltam que, para Vygotski, é fundamental ao educador procurar entender como a internalização de signos transforma as funções elementares em funções superiores. Em sua visão, a escola apresenta-se como fonte de apropriação de uma cultura científica sócio-histórica da humanidade:

Os conceitos científicos, convertidos em conteúdos escolares integram o conhecimento sistematizado em teorias, em elaborações científicas, carregando consigo uma complexa rede de "instrumentos psicológicos" acumulados na cultura humana. Trata-se da experiência social transposta em objetivações culturais, em sistemas de signos e sua multiplicidade de significações a serem apropriadas por cada indivíduo singular (Martins e Rabatinni, 2011, p. 355).

Assim, o professor, como mediador do conhecimento científico, pode permitir ao aluno elaborar conceitos e ampliar suas possibilidades de

interpretar o mundo e os fenômenos que o cercam. Esse processo de apropriação do mundo externo, por meio da internalização, é o que possibilita ao sujeito o desenvolvimento intelectual. No âmbito da Química, por exemplo, ao refletir sobre experiências científicas ou fenômenos explorados em aula, o aluno elabora noções abstratas e generalizações sobre a realidade macroscópica e aprimora o pensamento, dando um salto qualitativo nas funções psíquicas. A atividade experimental, nesse contexto, pode ser entendida como instrumento psicológico. Para Vygotski (1931/2013) os instrumentos psicológicos são criações artificiais dirigidas ao domínio dos próprios processos psíquicos, modificando a evolução e a estrutura das funções psíquicas. Assim, o instrumento psicológico não é um meio de interferência no objeto, mas no próprio comportamento, na atividade psíquica:

no ato instrumental, entre o objeto e operação psicológica a ele dirigida, surge um novo componente intermediário: o instrumento psicológico, que se converte em centro do foco estrutural, na medida em que determina funcionalmente os processos que dão lugar ao ato instrumental. Qualquer ato de comportamento se converte em uma operação intelectual (Vygotski, 1931/2013, p. 67, nossa tradução).

O instrumento psicológico pode possibilitar, portanto, que os fenômenos psíquicos necessários para se realizar a tarefa desenvolvam-se de uma forma melhor. Deste modo, a experimentação pode ser um instrumento que auxilia na tomada de consciência da sistematização conceitual que envolve o tema químico a ser aprendido.

Em vista de tais considerações e reiterando a proposição de Vygotski (1934/2014, p. 181, nossa tradução) de que "a questão do desenvolvimento de conceitos científicos em idade escolar é antes de tudo uma questão prática de enorme importância, que pode ser essencial do ponto de vista das tarefas que são colocadas para a escola", é que justificamos o estudo da elaboração conceitual.

No estudo desta temática, Vygotski destaca os modos de pensamento implicados no conceito cotidiano e no conceito científico. Ao tratar da elaboração desses tipos de conceito, ele afirma que: i) nos dois casos, em qualquer grau de desenvolvimento, o conceito é um ato de generalização e implica os planos empírico e abstrato do pensamento e ii) os dois tipos de conceito apresentam formas de desenvolvimento diferentes, embora interconectadas (Ver, por exemplo, Góes, 2008; Martins, 2013; Schroeder, Ferrari e Maestrelli, 2009).

Sobre os tipos de conceito, o autor entende que eles diferem quanto aos motivos internos envolvidos em cada um e à forma como se relacionam com a experiência pessoal. Os conceitos cotidianos se caracterizam pela mediação espontânea do adulto, em que a criança tem sua atenção dirigida para o objeto ou situação concreta, enquanto vivencia tal situação. Por isso, a operação de pensamento não tem caráter lógico-abstrato e é não-consciente, visto que se estabelece de maneira direta com a experiência, sem ultrapassá-la.

Já os conceitos científicos requerem uma orientação consciente, com base na participação deliberada do professor, e a atividade intelectual é

dirigida para próprio ato de pensamento, ultrapassando a experiência imediato-concreta. Estes últimos estruturam-se de maneira sistematizada e possuem uma coerência interna, na medida em que são parte de um sistema lógico, de relações de níveis de generalidade.

Assim, o conceito científico é sempre formado em relação a outro conceito, envolvendo um sistema hierarquizado em diferentes níveis de generalização e abstração. Sendo o conceito um complexo ato de pensamento que se desenvolve a partir de um sistema de generalizações, este possui, portanto, uma estrutura lógica interna que está estabelecida por relações entre conceitos (Vigostski, 1931/1993). O domínio conceitual está intimamente ligado à ampliação dessa estrutura de generalização entre os conceitos numa relação de sistematicidade tal qual Góes (2008, p. 2) explicita:

a sistematização do conceito implica um modo de pensar pelo qual o conceito é situado numa trama de outros conceitos, trama essa configurada por *um sistema de relações entre níveis de generalidade*. Dessa perspectiva, sistematizar é um ato de pensamento que põe em relação significados generalizados, que se organizam em termos de subordinação, coordenação e supraordenação.

Portanto, os conceitos científicos são formados num sistema organizado, que envolve níveis de generalidade:

Se a tomada de consciência significa generalização, é totalmente evidente que a generalização por sua parte não significa nada mais que formação de um conceito superior, em um sistema de generalização em que se inclui o conceito em questão como um caso particular. Mas se depois do mencionado conceito surge um conceito superior, pressupor-se-á obrigatoriamente a presença não só de um, mas sim de uma série de conceitos subordinados (Vygotski, 1934/2014, p. 215, nossa tradução).

Ainda quanto à relação entre conceitos científicos e cotidianos, Vygotski (1931/1993) argumenta que, embora se desenvolvam de formas distintas, os processos de desenvolvimento de ambos estão intrinsecamente ligados. Os dois tipos de conceito articulam-se e transformam-se reciprocamente em movimentos entre o *vivencial*, ligado às experiências concretas, e o *abstrato*, ligado às formas superiores de pensamento. Esses movimentos são descritos pelo autor como 'para cima' – do vivencial ao abstrato – e 'para baixo' – do abstrato ao vivencial. Nessa perspectiva, os conceitos científicos, que têm seu início na esfera da consciência e da voluntariedade e que vão em direção à experiência vivencial, exercem uma transformação nos conceitos cotidianos. Quanto a estes últimos, adquirem toda uma série de novas relações com outros conceitos, modificando-se a si mesmos em relação ao objeto de conhecimento e transformando os conceitos científicos de maneira recíproca.

Esse processo dinâmico é sustentado pelas interações verbais e mobiliza o pensamento de um modo que não é linear, rápido ou harmônico e que envolve uma série de funções, como memória lógica, atenção, abstração, comparação e diferenciação (Vygotski, 1934/2014). Abordando essa dinamicidade, Silva e Zanon (2000) ressaltam a importância do movimento

entre os dois tipos de conceito como forma de romper com a relação unilateral entre aluno e professor, própria do processo de educação memorísticas em que o aluno tem a tarefa de acumular definições verbais sem compreender seus significados.

### **O contexto de realização do episódio analisado: escolhas metodológicas**

A pesquisa, de natureza qualitativa, envolveu a participação de uma turma de 15 estudantes do último ano de um curso de Química-Licenciatura de uma universidade confessional do interior paulista, no Brasil. Como mencionado anteriormente, os dados aqui apresentados fazem parte de uma pesquisa de doutoramento que teve como objetivo investigar se e como futuros professores de Química (re)elaboraram suas visões de docência, de experimentação e ciência.

Naquela pesquisa foi dada a tarefa aos licenciandos de elaborar guias experimentais investigativos, visando a promoção de articulações concreto-abstratas por meio da interpretação de um fenômeno químico. Nesse contexto, desenvolvemos um trabalho de campo com aquela turma de futuros professores dividido em seis etapas:

- i) identificação de concepções dos licenciandos sobre experimentação e ciência e sua problematização no ensino de Química;
- ii) exemplificação de abordagem de uma experiência investigativa pela professora responsável como forma de modelo;
- iii) a indicação de um modelo para elaboração de guias experimentais investigativos;
- iv) a opção por um tema químico por parte dos futuros professores com a elaboração e apresentação de um guia experimental investigativo;
- v) apresentação do guia experimental investigativo.

Das cinco etapas, focalizaremos os resultados da primeira etapa, vez que, neste artigo, apresentamos um recorte daquele estudo. Portanto, nosso objetivo é analisar o papel pedagógico da experimentação, a partir de um diálogo da primeira aula ministrada na primeira etapa do trabalho de campo e que focalizou as concepções prévias concernentes à atividade de laboratório no ensino de Química.

Quatro aulas que foram áudio-gravadas compuseram a primeira etapa da pesquisa e a carga horária de cada aula era de 50 minutos. Faziam parte dessa turma de 15 estudantes: 8 alunas e 7 alunos com faixa etária compreendia dos 21 aos 32 anos. Além dos alunos, participaram desta aula a professora formadora e o pesquisador. A professora formadora era titular da disciplina na Universidade, atuante na formação de professores de Química há mais de 40 anos era formada em Química e PhD em Educação Química. Destacamos, também, que como será possível ver, há intervenção do doutorando (pesquisador) no desenvolvimento das aulas, pois estávamos num contexto de Estágio docência. Ressaltamos, por fim, que a pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da instituição em que se desenvolveu e, seguindo as orientações éticas, os participantes são tratados por nomes fictícios para resguardar suas identidades.

O objetivo da aula a ser analisada era discutir a função da experimentação no ensino de Química. A atividade que gerou o episódio selecionado foi a leitura coletiva do capítulo de livro "Experimentar sem medo de Errar" (Silva et al., 2019) que estudava, essencialmente, a relação teoria-experimento e criticava o uso das atividades de laboratório como forma de comprovação de teorias.

O critério adotado para selecionar os excertos, exigiu, inicialmente, várias releituras da transcrição da gravação da aula, com o objetivo de nos familiarizarmos com as informações e descrições obtidas naquele processo de ensino. Procuramos, deste modo, identificar alguns trechos dentro desses registros que expressassem momentos de exposição e reflexão sobre a função da atividade experimental no ensino de Química. Explicamos que as falas estão enumeradas por turnos para melhor identificá-las ao longo da análise.

A opção metodológica para o desenvolvimento das análises se fundamenta no pensamento de Vigotski (1931/1993, 1927/1996, 1934/1995). O autor, considerando o papel primordial da dinâmica das interações sociais para o desenvolvimento do indivíduo, concebe o homem como um ser que se constitui e elabora conhecimentos em processos sociais sempre mediados pela linguagem e pelo outro. Por isso, considerando que "o desenvolvimento psicológico dos homens é parte do desenvolvimento histórico geral de nossa espécie e assim deve ser entendido" (Vigotski, 1927/1996, p. 62) é que o autor justifica a proposição de uma nova metodologia para pesquisa psicológica. Nesse sentido, o autor defende

- (1) uma análise do processo em oposição a uma análise do objeto;
- (2) uma análise que revela as relações dinâmicas ou causais, reais, em oposição à enumeração das características externas de um processo, isto é, uma análise explicativa e não descritiva; e (3) uma análise do desenvolvimento que reconstrói todos os pontos e faz retomar à origem do desenvolvimento de determinada estrutura (Vigotski, 1927/1996, p. 69).

Nesse contexto, as análises a serem tecidas, apoiam-se no entendimento de que as investigações acontecem nas práticas sociais, concordando com Freitas (2007) ao destacar que, para Vigotski, a pesquisa precisa extrapolar a descrição, sem perder sua riqueza e, caminhar em direção à explicação que conserve a concretude dos fenômenos estudados. Assim:

fazer pesquisa não consiste simplesmente em descrever a realidade, mas em explicá-la, isto é, na busca de aprender os sentidos construídos pelos sujeitos, importa a compreensão das forças fundamentais que os constituíram, de seus determinantes. Portanto, a pesquisa constitui-se como um processo construtivo/interpretativo, no qual o conhecimento é uma construção do pesquisador (Freitas, 2007, p. 5-6).

Em face dessas ideias, assumir os pressupostos de Vigotski numa investigação de processos de elaboração de conhecimentos, indica a possibilidade de uma perspectiva metodológica que permite não só evidenciar as características desse processo, mas também, trabalhar e intervir dentro dele.

Nesta perspectiva, a organização dos dados foi definida em função do que estamos considerando uma melhor explicitação das características desse processo de debate epistemológico promovido pela professora formadora.

### **Resultados e discussões: Qual é a função pedagógica da experimentação?**

Antes de iniciar a discussão do texto de aula, a professora formadora questionou os licenciandos sobre as atividades experimentais que eles realizavam no próprio curso. Essas indagações eram um movimento de identificação de quais concepções os futuros professores possuíam sobre a temática. No trecho abaixo destaco esse diálogo preliminar:

(1) Professora: Como são as experiências que vocês fazem?

(2) Flora: O grosso das experiências que nós fazemos é comprovar na prática como a teoria funciona.

(3) Professora: E o que vocês aprenderam com essas experiências? Como é o jeitão desse experimento?

(4) Júlio: Tem um passo a passo, alguns roteiros já têm até o resultado: você adiciona tal e tal pra ficar azul. Acho que vendo o que acontece, no começo, eu acho que o experimento que comprova teoria ajuda a aprender, porque a gente não tem muita teoria... [conteúdo inaudível] Eu não diria que concretiza, eu acho que o roteiro deixa pronto, ele propõe a fórmula e você já sabe o que vai acontecer, mas você tá vendo... Eu acho que no começo é meio puxado essa coisa de ver a reação e começar a entender, é muito abstrato, muito surreal. Pra mim, essa base experimental de início, ela ajuda, porque pra entender porque ficou azul você precisa da teoria.

(5) Professora: Mas o roteiro suscita a questão teórica?

(6) Júlio: Ué, no relatório, depois que você faz o experimento você entrega um relatório pra que você consiga explicar porque ficou azul.

(7) Professora: E se não deu azul, a experiência deu errado?

(8) Júlio: É, e aí você faz de novo até ficar azul! [risos] É, a gente não tem essa parte de pensar porque deu errado, a gente faz até dar certo. Mas eu acho que esse modelo aproxima o aluno da química, você diz na sala que a reação libera gás e daí o aluno vai lá e vê liberando o gás, eu acho que promove curiosidade.

(9) Leonardo: Ajuda a motivar.

Conforme podemos observar nesses questionamentos iniciais, além do objetivo de identificação do tipo de atividade experimental que os licenciandos estavam acostumados a desenvolver (turno 1), a professora vai tentando chamar a atenção para o tipo de relação teoria-experimento que esse modelo tradicional promovia. Nesse sentido, as questões nos turnos 3, 5 e 7 são direcionadas ao debate sobre o que de fato em termos de aprendizagem esses experimentos proporcionavam: "Mas o roteiro suscita a questão teórica?". Por meio das respostas dos licenciandos, duas concepções ficaram bastante evidentes: i) a crença de que a atividade de

laboratório deveria concretizar a teoria (turnos 2 e 4) e ii) a atribuição de função motivadora às atividades experimentais (turnos 8 e 9).

As constatações acima citadas não são surpreendentes, afinal, a redução da atividade experimental à motivação para aprender ciências ou como meio de comprovação da teoria, como exposto anteriormente, são ideias bastante difundidas entre professores e alunos (Galiazzi e Gonçalves, 2004; Gibin e Lima, 2015; Gonçalves e Marques, 2006; Schnetzler e Antunes-Souza, 2019).

Sendo assim, nossa crítica à visão pedagógica reducionista que despreza a riqueza pedagógica do trabalho experimental - a mediação de conceitos científicos baseados em articulações concreto-abstratas - está impulsionada pela problematização da relação entre motivação e aprendizagem de forma mais ampla. Em outras palavras, ao questionar o carácter eminentemente motivador da experimentação associando-a à aprendizagem, nosso interesse é definir o lugar dessa motivação.

A elaboração de conceitos científicos envolve uma série de funções como, por exemplo, a atenção voluntária, a memória lógica, a abstração e a comparação numa estrutura de pensamento em que se manifestam o carácter consciente e o desenvolvimento da vontade (Vigotski, 1934/2014). Ademais, enquanto uma função sociocultural de desenvolvimento, podemos considerar que a força motivadora para a formação de conceitos situa-se fora de nós, isto é, o meio social é quem motiva o desenvolvimento do pensamento. Por isso,

onde o meio não cria os problemas correspondentes, não apresenta novas exigências, não motiva nem estimula com novos objetivos o desenvolvimento do intelecto, o pensamento do adolescente não desenvolve todas as potencialidades que efetivamente contém, não atinge as formas superiores ou chega a eles com um extremo atraso (Vigotski, 1934/2014, p. 171).

Portanto, em termos de aprendizagem, defendemos que o lugar da motivação não está na relação direta aluno-experimento proporcionada pelo show de cores e explosões, mas na relação aluno-professor-experimento que se estabelece na instrução deliberada do professor durante a problematização e interpretação do fenômeno por meio da negociação de significados. Se retomarmos, por exemplo, o turno 8 em que Júlio afirma: "Mas eu acho que esse modelo aproxima o aluno da química, você diz na sala que a reação libera gás e daí o aluno vai lá e vê liberando o gás, eu acho que promove curiosidade" e a complementação a essa afirmação quando Leonardo diz no turno 9: "Ajuda a motivar", podemos identificar essa inadequação do lugar da motivação. A motivação não está no fato de o aluno comprovar a ocorrência de liberação de gás de um determinado fenômeno, ao contrário, a motivação está justamente na problematização que o professor poderia fazer orientando um raciocínio que explicasse o porquê da liberação de gás. Reafirmamos, deste modo, a proposição de que a experiência por si só não promove a aprendizagem, tampouco a motivação para aprender (Silva et al., 2019; Silva e Zanon, 2000).

Nesse contexto, o desvelamento crítico das práticas experimentais e a introdução de uma abordagem pedagógica que levasse em consideração

esse entendimento sobre o lugar da motivação, exigiriam a mudança daquelas concepções reducionistas. E essa tarefa não é fácil, na medida em que a raiz daquelas ideias vem das próprias concepções sobre ciência e ensino que os alunos constroem ao longo da vida, mesmo antes de iniciar a graduação: “a própria educação formal pode difundir imagens deformadas sobre a natureza da atividade científica aos estudantes” (Gibin e Lima, 2015, p. 2).

Em continuidade à aula iniciamos a discussão sobre o capítulo de livro de Silva e colaboradores (2010) “Experimentar sem medo de errar”. A discussão era eminentemente de cunho epistemológico e estava ligada à concepção de conhecimento científico que estávamos assumindo. Num movimento de compreensão da atividade de experimentação como forma de afastamento do mundo concreto, estávamos discutindo a relação entre um bisão real e o desenho de um bisão. Neste confronto de ideias, ficaram bastante evidentes as concepções de ciência e produção de conhecimento empiristas/positivistas conforme podemos observar no trecho a seguir:

(10) Pesquisador: Vocês estão entendendo essa relação entre o bisão real e o bisão desenhado?

(11) Júlio: O que eu não estou entendendo é o seguinte: pra eu desenhar o bisão, eu não tenho que olhar o bisão?

(12) Pesquisador: Sim.

(13) Júlio: Então, vocês falaram que a teoria não vem da prática, mas pra eu desenhar eu tenho que ver o bisão, olhar o bisão, entender o bisão e pra fazer eu preciso ter alguma coisa pra observar! Pra fazer a teoria eu não preciso observar?

(14) Professora formadora: Eu falei várias vezes: “olha o salto que eu vou dar”. E o que eu quis dizer com isso? Eu saio do mundo real e crio um enunciado [teoria] que nem o bisão que ele desenhou...

(15) Júlio: E mesmo assim ele precisou observar!

(16) Professora formadora: E mesmo assim eu precisei fazer inúmeras experiências...

(17) Pesquisador: Sim, mas a teoria não vem da experiência, a teoria vem da minha criação. É lógico, que eu estou num movimento de entender o mundo, mas a teoria não vem diretamente da experiência.

(18) Professora formadora: A teoria não vem direto da experiência. A teoria é mediada pela criação do homem, se eu não fosse atrás de buscar as regularidades, as semelhanças... É aquilo que eu estava falando pra vocês semana passada: o sal de cozinha existe desde que o mundo é mundo, mas quando é que os químicos postulam uma teoria que explica a formação do sal de cozinha? No século XIX! O que os cientistas criam é uma realidade criada que tenta o quê? Tenta explicar essa nossa realidade que é real. Os cientistas criam uma realidade que tenta explicar o sal real, percebem?

(19) Os alunos fazem um gesto de incerteza com a cabeça.

(20) Júlio: Está indo! Rsrtrs

(21) Professora: Vamos ler mais um pouco.

A discussão sobre a relação do bisão real com o bisão criado (por desenho ou pela escrita da palavra bisão) propunha justamente a concepção de conhecimento científico como construção abstrata da realidade, que é histórico-social e produtora de verdades transitórias. Portanto, as teorias científicas estavam sendo apresentadas não como verdades absolutas, mas como explicações cientificamente aceitas para os fenômenos, considerando sua capacidade de generalização e previsão. Nesse movimento de interpretação do texto, enquanto eu e a professora formadora líamos e explicávamos, alguns alunos mostravam-se inquietos, neste momento, eu os questiono a respeito do que estão compreendendo (turno 10) e a partir disso o diálogo começa. Apesar de Júlio dominar o diálogo em relação aos demais alunos, enquanto ele se expressava, pude perceber a concordância de Miguel, Ágata, Flora e Bárbara às suas considerações.

A partir do momento em que Júlio pontua sua dúvida (turno 11: "[...]pra eu desenhar o bisão, eu não tenho que olhar o bisão?") e argumenta seu ponto de vista (turnos 13: "Pra fazer a teoria eu não preciso observar?" e 15: "E mesmo assim ele precisou observar!"), fica explícito seu entendimento de ciência como um conhecimento originado da experiência. Essa imagem de construção de ciência baseada na observação é traço característico do empirismo, uma corrente de pensamento que considera a origem do conhecimento na experiência.

Na perspectiva empirista, a categoria experiência está estreitamente ligada às impressões sensíveis, perceptíveis e imediatas. Pelo princípio de causalidade, Hume (1734/1996) consegue sustentar a afirmativa de que as ideias da razão se derivam da experiência.

A causalidade, ao contrário do pensamento racionalista, não tem uma relação intrínseca/necessária entre causa e efeito: por meio dela podemos ultrapassar o âmbito dos dados imediatos dos sentidos e da memória. Hume, partindo do princípio de que todas as ideias têm origem na experiência sensível, afirma que a causalidade nada mais é do que uma crença pautada na ação do hábito sob a imaginação: "a causalidade não é mais nada do que uma crença baseada na ação do hábito sobre a imaginação, e as ideias têm, todas, origem na experiência sensível" (Monteiro, 1996, p. 10).

Para afirmar que a causalidade não se baseia numa relação necessária entre causa e efeito, Hume investiga o próprio mecanismo de funcionamento desta. E conclui que são as impressões que transferem parte de sua força vivacidade à ideia a elas associadas por meio do hábito: a observação dos fenômenos permite a afirmação de uma conjunção constante, mas esta não oferece nenhuma nova ideia. É por meio do hábito que a repetição da experiência afeta a imaginação permitindo-a ligar conteúdos que seguem regularmente na sucessão de eventos observáveis: "se pensarmos acerca de um ferimento, quase não podemos furtar-nos a refletir sobre a dor que o acompanha" (Hume, 1734/1996, p. 41). Pela repetição do fato de sentirmos dor toda vez que nos ferimos, cria em nós um hábito que afeta nossa imaginação e nos remete à dor que sentimos quando nos ferimos no instante em que pensamos num ferimento. Podemos

dizer a partir do princípio de causalidade que o fermento é a causa da dor e que a dor é o efeito do fermento.

As ideias científicas, nesse contexto, são produzidas por meio das repetições experimentais que criam um hábito de associar ideias. No âmbito pedagógico, essa elevada importância à experiência é um obstáculo à compreensão da função das hipóteses e de outras teorias na orientação da pesquisa científica, evidenciando uma visão de ciência neutra e verdadeira. Mesmo que não pensemos epistemologicamente sobre nossas crenças, essa concepção de produção de conhecimento provavelmente, por exemplo, respalda o consenso de que a experiência comprova a teoria que os licenciandos expressaram, já que o conhecimento emana da experiência.

A ciência moderna foi desenvolvendo-se a partir do paradigma da racionalidade científica positivista num modelo totalitário pautado em seus próprios princípios epistemológicos e regras metodológicas e negando as demais formas de conhecimento, a saber, o senso comum e os estudos humanísticos. Com a missão de desmitificar o mundo, propondo investigações científicas alicerçadas em cálculos rígidos, lógicos, racionais e pretensamente neutros em relação à realidade, a ciência moderna tem como traço característico o uso da razão instrumental articulada aos princípios empiristas de objetividade e neutralidade do conhecimento.

Augusto Comte, ao propor a filosofia positiva, considerou todos os fenômenos como regidos por leis gerais, naturais invariáveis e tentou recuperar as bases do pensamento empirista: "Todos os bons espíritos repetem, desde Bacon, que somente são reais os conhecimentos que repousam sobre os fatos observados" (Comte, 1830/1973, p. 11). Todavia, Comte não defende o empirismo puro, pois o objetivo da filosofia positiva não mais seriam as causas, mas sim as leis constantes nos fenômenos observáveis.

Assim, a reflexão epistemológica sobre a ciência que ensinamos tem sua importância, na medida em que nas atuais práticas de formação é predominante a visão de ciência e de produção científica com atividades neutras, descoladas da realidade, inviabilizando a necessária problematização crítica do verdadeiro significado da ciência para/na sociedade (Lopes, 2007; Maldaner, 2000).

Deste modo, a análise crítica da ciência e da produção de conhecimento apresenta-se como importante ferramenta para o debate epistemológico, pois são nestes preceitos que a racionalidade instrumental perdura e prevalece fortemente até hoje nas relações escolares, isto é, no que se refere ao modelo de como a ciência é ensinada e concebida nas escolas. Debater a relação entre o real dado e o real criado é uma tarefa complexa, já que está associada às discussões mais amplas sobre a ciência.

Retomando as contribuições de Vigotski (1927/1996) para pensar o método em psicologia, o autor sinalizava a necessidade de superar os limites da experiência direta: "O experimento não amplia o conhecimento, mas o controla" (p. 283). Embora o autor não estivesse falando nessa passagem das relações escolares, ao defender uma nova forma metodológica de produzir ciência, discute a relação entre conhecimento e experimento de forma bastante contributivo ao debate aqui defendido. O

autor compara a situação metodológica em física e em psicologia como essencialmente iguais, criticando a máxima de que só valeria o observável: “[...] constitui um grave erro pensar que a ciência só pode estudar o que nos mostra a experiência direta. Como o psicólogo estuda o inconsciente, como o historiador e o geólogo estudam o passado, o físico óptico os raios invisíveis?” (p. 277).

Ao continuar tecendo seu raciocínio o autor refuta a assertiva de que o instrumento técnico, por exemplo, seria uma prolongação dos órgãos sensoriais, como o telescópio do físico que tornaria o invisível em visível. Como argumento ele tensiona o termômetro e interpretação da termodinâmica durante o trabalho científico:

[...] no termômetro lemos a temperatura; esse aparelho não reforça nem prolonga a sensação de calor de maneira como o microscópio continua o olho; mas nos emancipa plenamente da sensação no estudo do calor: o termômetro pode ser usado por alguém que careça dessa sensação, ao passo que o cego não pode fazer uso do microscópio. A termometria constitui um modelo puro de método indireto: porque diferente do que acontece com o microscópio, não estudamos aquilo que vimos – a dilatação do mercúrio, a dilatação do álcool -, mas o calor e suas mudanças. Indicados pelo mercúrio ou pelo álcool interpretamos as indicações do termômetro, reconstruímos o fenômeno (Vigotski, 1927/1996, p. 281).

Com base nesse entendimento, podemos dizer que esse movimento de interpretação do termômetro é um método indireto capaz de desempenhar a tarefa científica escolar de analisar abstraindo partes e reconstruindo o fenômeno com base em teorias e regularidades anteriormente postuladas. A experimentação que visa comprovar teorias deixa de construir a relação entre teoria e mundo concreto e converte-se em atividades meramente reprodutivas e pobres para alcançar a relação desejada entre teorias e o mundo concreto que o homem tem diante de si. Nas palavras de Silva e colaboradores (2019, p. 260), a atividade experimental pode promover:

[...] por sua estrutura e dinâmica, a formação e o desenvolvimento do pensamento analítico, teoricamente orientado, o que possibilita a fragmentação de um fenômeno em partes, o reconhecimento destas e sua recombinação de um modo novo. É nisso que reside o seu grande potencial como atividade imaginativa criadora, se bem empregada.

Portanto, o carro forte da experimentação não é a prática propriamente dita, mas a discussão que tal atividade permite. De nada adianta realizar atividades práticas se não existir o momento de articulação entre teoria-prática que transcenda o conhecimento de nível fenomenológico e o conhecimento cotidiano.

Nesse contexto, repensando a relação dialética entre conceitos científicos e cotidianos postulada por Vigotski (1934/2014) é possível compreender a inviabilidade de se ensinar segundo a lógica do cientista, afinal, o ensino requer um tratamento teórico conceitual distante do método de produção das ciências. A ciência é produzida nos laboratórios com rigoroso controle de variáveis e estabelecimento de padrões e métodos que desprezam claramente o conhecimento de senso comum. Seus resultados são

apresentados e discutidos em congressos científicos, ou por meio de publicação especializada, e os seus fins estão relacionados aos processos de produção industrial, tecnológicos, econômicos, bélicos etc. Já o ensino da ciência, precisa tratar dos princípios, teorias e produções científicas atuais como algo que é criado em relação ao conhecimento anterior, ao já produzido, considerando as limitações do conhecimento cotidiano, ou da teoria até então aceita, na medida em que estabelece essa constituição histórica e permite produzir novos sentidos para o que se conhecia, partindo do conhecimento anterior e ampliando-o (Maldaner e Zanon, 2019).

No plano das atividades experimentais em sala de aula, a exaltação do conhecimento originado da observação e a transposição do método científico como ferramenta de aprendizagem, culmina no esvaziamento da capacidade de problematização da experiência e, como consequência, na inviabilidade do estabelecimento de conexões entre o fazer e o pensar.

Naquele movimento dialético de elaboração conceitual, Vigotski destaca: "Fora de um sistema, nos conceitos só cabem relações estabelecidas entre os próprios objetos, quer dizer, relações empíricas" (Vigotski, 1934/2014, p. 274, nossa tradução). É justamente a extrapolação do imediato, do concreto, do visível que defendemos como fim da experimentação no contexto escolar e que deveria ser discutido com professores durante seu processo formativo.

Nessa direção, as interlocuções de sala de aula devem contribuir para a promover a interpenetração dos conceitos cotidianos e científicos e a articulação entre o concreto e o abstrato. Em outras palavras, trata-se de estabelecer interações verbais que promovam um deslocamento do perceptual-vivencial, enquanto concreto dado, ao abstrato, enquanto concreto pensado.

Essa discussão era o que queríamos fomentar com a leitura do texto, uma vez que negar o conhecimento científico como verdade infalível era a base de argumento dos autores para evidenciar a pobreza pedagógica de experiências comprovativas. Nesse sentido, nos turnos 14, 16, 17 e 18 contra argumentamos afirmando que a produção de conhecimento não tem como via de mão única a observação: "Eu falei várias vezes: "olha o salto que eu vou dar". E o que eu quis dizer com isso? Eu saio do mundo real e crio um enunciado [teoria] que nem o bisão que ele desenhou..." (turno 14). Portanto, nosso exercício nesse momento era problematizar essa visão de ciência concebida como verdade que expressa objetividade da realidade em que foi produzida. Contudo, Júlio, como é indicado pelos turnos 19 e 20, ainda estava bastante resistente à nova concepção.

Após esse pequeno diálogo, voltamos ao texto e lemos um trecho em que caracterizava o emprego de imagens e palavras como atividade de desenvolvimento de abstrações. Neste instante, o diálogo é retomado:

Pesquisador: Olha, vamos pensar nos gases ideais, estamos partindo de pressupostos que não existem na realidade, são ideais...

Miguel: É o real criado?

Professora: Quer ver outro exemplo, o conceito de substância pura. O que é substância pura?

Júlio: Substância formada por um mesmo tipo de molécula.

Professora: Isso, mas vamos falar de partícula, porque substâncias iônicas não são formadas por moléculas! [...] Existe na natureza uma substância 100 % pura? Ou mesmo no laboratório, existe?

Júlio: Não.

Professora: Nem no laboratório eu vou conseguir sintetizar uma substância pura. É um conceito. Pra que serve esse conceito?

Miguel: Explicar muitas coisas: propriedades das substâncias, ponto de fusão, ebulição, solubilidade...

Professora: Mas além disso, essa ideia altamente teórica, não vem da experiência. Ela nos ajuda a buscar métodos de purificação cada vez mais avançados que nos levem ao maior teor de purificação da substância.

Pesquisador: Então, é a experiência que determina a teoria ou a teoria que orienta a experiência?

[silêncio]

Júlio: É pra responder? [risos]

Pesquisador: Lógico!

Professora: Vocês nunca pensaram essas coisas?

[Alunos fazem gesto negativo]

Professora: Ah! Lembrei de outro exemplo. Vamos imaginar o que é caneta, possivelmente com dois anos de idade eu peguei uma caneta, segurei, botei na boca e risquei uma parede. Daí, minha mãe viu e falou assim: Isso é caneta! Tem tinta e serve pra escrever, mas não na parede! Então pra mim isso era caneta [mostrando um tipo de caneta de tubo transparente]. Mas depois, eu fui na vizinha e peguei isso aqui [uma outra caneta, mas de modelo diferente da anterior] e a vizinha me disse que era caneta, tinha tinta e servia pra escrever. Bom, eu fui conhecendo vários modelos de caneta. Mas a cor, tamanho ou espessura da caneta são importantes?

Alunos: Não.

Alunos: É ter tinta e servir pra escrever.

Professora: Isso eu tirei encontrando as regularidades que eu observei, certo? Envolve generalidade... Agora quando escutamos a palavra caneta, cada um tem um modelo de caneta na cabeça. É abstrato, né? Isso é o conceito. Criamos uma outra realidade.

Miguel: Tem que ter capacidade de criação e imaginação, né? [Sussurrou para mim].

Professora: A caneta que nós temos na cabeça não é essa que a gente tem aí, é uma realidade criada. É por isso que a gente cria um real imaginado. Essa decomposição que o ser humano faz pra tentar entender um fenômeno tem a funcionalidade de formar uma nova síntese, entendeu?

Pesquisador: Se eu desenhar uma garrafa d'água na lousa, eu não posso ir até lá pra beber água! É uma representação da garrafa, mas não é uma garrafa real. As imagens e palavras são ferramentas de capturar o mundo e a imagem de caneta que temos e a palavra caneta são conceitos. Esse exercício de operar com os conceitos são ações de generalização, abstração. O bisão que ele desenha, a caneta que construímos na cabeça não são o real dado, são o real criado, não existem na realidade.

[Alunos continuam em silêncio]

Professora: Então, eu vou analisando uma caneta, olho outra e outra e tentando encontrar regularidades e é isso que me faz, então, ter essa capacidade de generalizar e toda generalização é um conceito. Só que o lugar da generalização é na mente, é abstrato, é uma nova síntese. Não está na realidade, não é uma coisa que eu pego e dou pra você. Entendeu Júlio?

[Júlio faz um gesto com a mão indicando movimento, em sinal de estar elaborando tudo o que tínhamos acabado de discutir]

Quando afirmamos por meio da leitura de que a transposição de uma coisa real (animal bisão) para uma esfera criada (bisão desenhado) era uma ação de desenvolvimento de pensamento, retomávamos todo tempo a relação dialética posta: a criação de modelos ideais e teorias para explicar a realidade era um exercício de afastamento da mesma. Assim, na retomada do diálogo, o objetivo da minha intervenção no turno 22 era orientar o pensamento dos alunos para essa relação dialética. Logo de início Miguel indaga se a teoria dos gases ideais seria, então, o real criado (turno 23) e sua fala pode nos oferecer indícios de um começo de nova compreensão sobre a relação conhecimento x experiência/observação.

Em resposta a essa questão de Miguel, a professora desenvolve mais dois exemplos: o conceito de substância pura (a partir do turno 24) e o conceito de caneta (a partir do turno 37). Com esses exemplos, principalmente o segundo, a intenção da professora é caracterizar a produção de conhecimento como atividade que envolve a decomposição do objetivo concreto em várias partes e a recombinação de algumas dessas partes gerando uma nova síntese (Silva et al., 2019). Nesse sentido, estávamos tentando estabelecer a criação de teorias como capacidade de desenvolvimento de generalizações e abstrações, apoiando aquela relação dialética entre os conceitos (turno 40).

Ainda no movimento de sistematização de ideias, a partir da associação da ação de criação de teorias à capacidade de imaginação feita por Miguel (turno 41) quase que em forma de confiança – o que pode nos dar indícios de incerteza de sua afirmação, já que era comum eles opinarem em voz baixa pelo medo de falar algo errado diante dos colegas e da professora – eu reitero o comentário da professora. Deste modo, no turno 43 eu defino a imagem de caneta que temos e a palavra caneta como conceitos e caracterizo esse exercício de operar com os conceitos como ações de generalização, abstração.

As definições exploradas por nós nos turnos 43 e 45 são importantes para marcar junto aos alunos a atividade de experimentação como forma de

“desenvolvimento do pensamento analítico, isto é, da decomposição do mundo em partes e da criação de novas sínteses” (Silva et al., 2019, p. 239).

Em suma, embora não fosse nossa pretensão em uma única aula promover a mudança das concepções tácitas que os futuros professores desenvolveram sobre experimentação ao longo da vida escolar e acadêmica, nossas intervenções e orientações nos diálogos sugerem a tentativa de questionar a concepção de neutralidade entre observação e interpretação. Em outras palavras, os exemplos e argumentos que trazíamos iam em direção oposta à concepção de produção científica neutra baseada em uma “visão rígida, algorítmica, exata e infalível da Ciência, na qual o conhecimento científico é descrito como uma série de etapas realizadas de modo mecânico” (Gibin e Lima, 2015, p. 2).

Um último ponto a destacar é o fato de que essa discussão era inédita para os futuros professores já que eles respondem de forma negativa quando questionados se nunca tinham pensado antes nas questões discutidas (turno 35). A ausência de ensino de conteúdos ligados à História e à Filosofia da Ciência durante os cursos de formação é um agravante que contribui para a manutenção e resistência de mudanças das concepções iniciais enraizadas nas marcas epistemológicas evidenciadas.

Diante do exposto, podemos destacar que ao estudarmos o papel pedagógico da experimentação num contexto de formação de professores, podemos sistematizar do diálogo analisado a desconstrução de algumas crenças mais comuns que os estudantes traziam, tais como as apontadas por Silva, Machado e Tunes (2019):

i) A atividade experimental por si só não é motivadora, pois seguir roteiros pré-formados e com resultados previamente prontos, por exemplo, tornam a atividade monótona;

ii) A experimentação não garante aprendizagem, uma vez que enfatizar unicamente aspectos macroscópicos que envolvem o experimento secundariza ou, até elimina, a compreensão teórico-conceitual;

iii) A escolha por experimentos que se limitam a exposições de fenômenos impactantes, tais como cores, explosões, cheiro, podem promover o desinteresse dos alunos pelas explicações microscópicas;

iv) O fato de os alunos gostarem de ir ao laboratório pode estar mais relacionado ao ambiente com menos rigidez e mais movimentação do que à própria aula;

v) A classificação de aula na sala como teórica e aula no laboratório como prática, na tentativa de estimular os alunos por meio da ideia de que a dinâmica da aula no laboratório seja maior, cria uma disjunção entre teoria-experimento;

vi) Pensar que a realização de experiências auxilia no desenvolvimento de atitudes científicas pode promover a concepção de que exista um único método científico infalível valorizando a ciência como verdadeira e imutável. Essa concepção é oposta à realidade que acaba por não atrair os alunos;

vii) A ideia de que a experimentação mostra empiricamente o funcionamento da teoria pode levar o aluno a acreditar que a teoria foi

criada por meio de intuição e independente da reflexão sobre fenômenos. Dessa forma, a teoria ganha mais relevância que a experimentação, que passa a ser apenas demonstrativa.

### **Conclusões**

Neste estudo, nosso objetivo foi analisar o papel pedagógico da experimentação, a partir de um diálogo de aula ministrada para alunos de último ano de um curso de Química-Licenciatura, focalizando as concepções prévias concernentes à atividade de laboratório no ensino de Química.

Por meio das análises, foi possível apreender que os estudantes apresentavam concepções prévias sobre o papel pedagógico da experimentação muito próximas àquelas sistematizadas por Silva e colaboradores (2019) - as quais, finalizam a seção anterior. Acreditamos que a desmistificação de tais crenças deva envolver, entre outros aspectos, a ênfase no debate epistemológico e nas considerações sobre: i) o fato de a experiência por si só não promover a aprendizagem em nível microscópico e ii) a aula prática não ter a função de concretizar formulações teóricas, pois, ao tentar propor explicações para um fenômeno, os alunos estão testando a previsibilidade e a generalidade de teorias e não apurando sua veracidade.

Nessa perspectiva, a reivindicação de crítica epistemológica está justamente na reflexão consciente de um método de pensamento que oriente a prática docente. Neste texto, a exemplo, buscamos na matriz histórico-cultural justificar escolhas metodológicas para a abordagem experimental.

Nesse sentido, considerando a pluralidade de teorias epistemológicas no campo educacional e, reconhecendo a subjetividade humana que torna espaços e tempos do cotidiano escolar únicos por suas características intrínsecas, defendemos a abordagem aqui explicitada como alternativa ao ensino memorístico e não como caminho de salvação e melhoria do ensino.

A complexidade da atividade docente não admite a hegemonia de uma única teoria para resolver todos os problemas de ensino e aprendizagem de conceitos científicos nos vários níveis de ensino, mas requer com urgência a crítica epistemológica que ofereça coerência metodológica da promoção de ações de formação que distingam o método de pensamento da produção de científico do método de pensamento para aprender e ensinar ciências.

Enfatizamos, deste modo, as contribuições do debate epistemológico na e para a formação de professores de Química como ferramenta potente de superação das marcas positivista-empiristas que são reverberadas nas práticas de ensino.

Defendemos, por fim, a formação inicial como espaço privilegiado para o desenvolvimento de tais discussões para que sejam possíveis aos futuros professores a elaboração de práticas pedagógicas coerentes com as crenças que os constituem como sujeitos, isto é, que suas ações metodológicas sejam conduzidas pela reflexão epistemológica. A nosso ver, a indagação: "Qual(is) teoria(s) orienta(m) a sua prática?" deveria ser uma constante nos cursos de formação de professores como um convite para o despertar da reflexão epistemológica sobre a ciência e a docência.

## **Agradecimentos**

Agradeço a orientação das professoras Maria Cecília Rafael de Góes e Roseli Pacheco Schnetzler durante o desenvolvimento da pesquisa de Doutorado.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 88887.149195/2017-00.

## **Referências bibliográficas**

Andrade, R. da S., e Viana, K. da S. L (2017). Atividades experimentais no ensino da química: distanciamentos e aproximações da avaliação de quarta geração. *Ciência & Educação*, 23(2), 507-522. Recuperado de [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1516-73132017000200507&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1516-73132017000200507&lng=en&nrm=iso&tlng=pt)

Bachelard, G. (2008). Estudos. Rio de Janeiro: Contraponto.

Barberá, O., e Valdés, P. (1996). El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3) 365-379. Recuperado de <https://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v14n3/02124521v14n3p365.pdf>

Comte, A. (1830/1973). *Curso de Filosofia Positiva*. 1ª e 2ª lições. Comte/Durkheim. São Paulo: Abril Cultural.

Freitas, M. T. de A. (2007). A pesquisa em educação: questões e desafios. *Vertentes*, São João del-Rei, 29(1), 28-37. Recuperado de [https://ufsj.edu.br/portal-repositorio/File/vertentes/Vertentes\\_29/maria\\_teresa\\_freitas.pdf](https://ufsj.edu.br/portal-repositorio/File/vertentes/Vertentes_29/maria_teresa_freitas.pdf)

Galiazzi, M. do C., e Gonçalves, F. P. (2004). A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em Química. *Química Nova*, 27(2), 326-331. Recuperado de [http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe\\_artigo.asp?id=3975](http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=3975)

Gibin, G. B., e Lima, S. A. M. (2015). Concepções de licenciandos do PIBID de Química / UNESP de Presidente Prudente sobre o papel pedagógico da experimentação. *Scientia Plena*, 11(6), 1-8. Recuperado de <https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/2510>

Góes, M. C. R. (2008). A aprendizagem e o ensino fecundo: apontamentos na perspectiva da abordagem histórico-cultural. Em E. Peres, C. Traversini, E. Eggert e I. Bonin (Orgs.), *Trajetórias e processos de ensinar e aprender: sujeitos, currículo e cultura* (pp. 414-420). Porto Alegre: EDIPUCRS.

Gonçalves, F. P. e Marques, C. A. (2016). Contribuições pedagógicas e epistemológicas em textos de experimentação no ensino de Química. *Revista IENCI – Investigação em Ensino de Ciências*, 11(2), 219-238. Recuperado de <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/494/297>

Hodson, D. H. (1994). Un Enfoque más crítico del Trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 299-313. Recuperado de <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21370>

Hume, D. (1734/1996). *Tratado da Natureza Humana*. São Paulo: Editora Nova Cultural.

Lopes, A. C. (2007). *Currículo e Epistemologia*. Ijuí: Editora Unijuí.

Luria, A. R. (1979). *Curso de Psicologia Geral. Volume IV*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira.

Maldaner, O. A. (2000). A formação inicial e continuada de professores de Química - professor/pesquisador. Ijuí: Ed. Unijuí,

Maldaner, O. A., e Zanon, L. B. (2019). Pesquisa educacional e produção de conhecimento do Professor de Química. Em W. Santos e O. A. (Orgs), *Ensino de Química em foco* (pp. 331 – 365). Ijuí. Editora Unijuí.

Martins, L. M. (2013). Fundamentos psicológicos da pedagogia histórico-crítica e fundamentos pedagógicos da psicologia histórico-cultural. *Germinal: Marxismo e Educação em Debate*, 5(1), 130 - 143.

Martins, L. M., e Rabatini, V. G. (2011). A concepção de cultura em Vygotski: contribuições para a educação escolar. *Revista Psicologia Política*, 11(1), 345-358.

Mól, G. de S. (2012). A divisão de Ensino da SBQ. Em G. de S. (Org.), *Ensino de Química: visões e reflexões* (pp. 11-26). Ijuí: Ed. Unijuí.

Monteiro, J. P. G. (1996). Prefácio: David Hume: vida e obra. Em Hume, D. (1734/1996). *Tratado da Natureza Humana* (pp. 6-22). São Paulo: Editora Nova Cultural.

Praia, J., Cachapuz, A., e Gil-Pérez, D. (2002). A hipótese e a experiência científica em educação em ciência: contributos para uma reorientação epistemológica. *Ciência & Educação*, 8(2), 253-262.

Prestes, Z. R. (2010). Quando não é quase a mesma coisa: análise de traduções de Lev Semionovitch Vygotski no Brasil repercussões no campo educacional (Tese Doutorado). Universidade de Brasília, Brasília.

Schnetzler, R. P., e Antunes-Souza, T. (2019). Proposições didáticas para o formador químico: a importância do triplete químico, da linguagem e da experimentação investigativa na formação docente em química. *Química nova*, 42(8), 947-954. Recuperado de [http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe\\_artigo.asp?id=6957](http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=6957)

Schnetzler, R. P., Silva, L. H. A., e Antunes-Souza, T. (2016). Mediações pedagógicas na interpretação de experimentações investigativas: uma estratégia didática para a formação docente em química. *Inter-Ação, Goiânia*, 41(3), 585-604. Recuperado de <https://www.revistas.ufg.br/interacao/article/view/41880>

Schroeder, E., Ferrari, N., e Maestrelli, S. R. P. (2009). A construção dos conceitos científicos em aulas de ciências: contribuições da teoria histórico-cultural do desenvolvimento. Em Atas do VII Enpec: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Florianópolis. Recuperado de <http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viipec/pdfs/798.pdf>

Silva, L. de A., e Zanon, L. B. (2000). A experimentação no ensino de Ciências. Em R. P. Schnetzler e R. M. R. de (Orgs.), *Ensino de Ciências*:

*fundamentos e abordagens* (pp. 120-153). Campinas: R. Vieira Gráfica e Editora Ltda.

Silva, R. R. de., Machado, P. F. L., e Tunes, E. (2010). Experimentar sem medo de errar. Em W. E. Santos e O. A. Maldaner (Orgs), *Ensino de Química em foco* (pp. 231-245). Ijuí. Editora Unijuí.

Silva, R. R. de., Machado, P. F. L., e Tunes, E. (2019). Experimentar sem medo de errar. Em W. E. Santos e O. A. Maldaner (Orgs), *Ensino de Química em foco* (pp. 211-233). Ijuí. Editora Unijuí.

Souza, F. L. de., Akahoshi, L. H., Marcondes, M. E. R., e Carmo, M. P. do. (2013). *Atividades experimentais investigativas no ensino de química*. São Paulo: Centro Paula Souza - Setec/MEC.

Vygotski, L. S. (1931/1993). Obras escogidas II: problemas de psicología general. Madrid: Visor.

Vygotski, L. S. (1934/1995). Obras escogidas III: problemas del desarrollo de la psique. Madrid: Visor.

Vygotski, L. S. (1927/1996). Teoria e método da Psicologia. São Paulo: Martins Fontes.

Vygotski, L. S. (1931/2013). Obras escogidas I: el significado histórico de la crisis de la psicología. Machado Grupo de distribución: Madrid.

Vygotski, L. S. (1934/2014). Obras escogidas II: pensamento y lenguaje, conferencias sobre psicología. Machado Grupo de distribución: Madrid.