

**UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA
FACULDADE DE CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO**

THIAGO ANTUNES-SOUZA

**(RE)ELABORAÇÕES DE CONCEPÇÕES SOBRE DOCÊNCIA,
EXPERIMENTAÇÃO E CIÊNCIA NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES
DE QUÍMICA**

**PIRACICABA, SP
2018**

THIAGO ANTUNES-SOUZA

**(RE)ELABORAÇÕES DE CONCEPÇÕES SOBRE DOCÊNCIA,
EXPERIMENTAÇÃO E CIÊNCIA NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES
DE QUÍMICA**

Tese apresentada à Banca Examinadora do Programa de Pós-Graduação em Educação da UNIMEP como exigência parcial para obtenção do título de doutor em Educação.

ORIENTADORA: PROF^a DR^a MARIA CECÍLIA RAFAEL DE GÓES
CO-ORIENTADORA: PROF^a DR^a ROSELI PACHECO SCHNETZLER

PIRACICABA, SP
2018

Ficha Catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da UNIMEP
Bibliotecária: Gislene Tais de Souza Sperandio- CRB-8/9596.

S729r	<p>Antunes-Souza, Thiago (Re)Elaborações de concepções sobre docência, experimentação e ciência na formação inicial de professores de química / Thiago Antunes-Souza. – 2018. 193 f.; 30 cm.</p> <p>Orientadora: Profa. Dra. Maria Cecília Rafael de Góes. Coorientadora: Profa. Dra. Roseli Pacheco Schnetzler. Tese (Doutorado) – Universidade Metodista de Piracicaba, Pós-Graduação em Educação, Piracicaba, 2018.</p> <p>1. Professores - Formação. 2. Professores de Química - Formação. I. Góes, Maria Cecília Rafael de. II. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU – 37</p>
-------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Maria Cecília Rafael de Góes
(Presidente e Orientadora)
Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP)

Profa. Dra. Maria Inês Petrucci Rosa
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Profa. Dra. Lenice Heloísa de Arruda Silva
Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)

Profa. Dra. Andreza Barbosa
Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP)

Prof. Dr. Thiago Borges de Aguiar
Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP)

Profa. Dra. Renata Cristina Oliveira Barrichelo Cunha (*Suplente*)
Centro Universitário Salesiano de São Paulo (UNISAL)

A presente tese foi realizada com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento e Pesquisa no
Ensino Superior – CAPES – Brasil.

Dedico este trabalho aos professores e às professoras que o lerão e que, assim como eu, anseiam transformar esse país por meio da Educação.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento e Pesquisa no Ensino Superior – CAPES - Brasil, pelo apoio à realização do presente trabalho.

À querida orientadora Roseli, mãe acadêmica. Volto a repetir o que lhe tenho dito: como agradecer? Mesmo não encontrando uma palavra que traduza toda minha gratidão, quero deixá-la registrada por sua amizade, pela incansável luta na formação de professores, por dividir comigo seus conhecimentos, por me formar professor pesquisador.

À querida orientadora Cecília, pela amizade, por ter me acolhido e aceitado a empreitada de orientar uma tese sobre ensino de química e na metade do caminho! Obrigado pelo requinte que você trouxe a minha pesquisa e formação. Aprendi muito com as (re)elaborações do texto, com seu jeito de escrever e orientar, com as aulas sobre a abordagem histórico-cultural durante as orientações.

Ao meu pai Luiz e minha mãe Eloisa pelo carinho, amor, honestidade e respeito que sempre me ensinaram. Pelo apoio incondicional e pela forma como me conduziram até aqui.

Ao pai acadêmico, professor Bruno, meu grande incentivador e uma amizade que tenho a felicidade e a honra de cultivar. À Josi, pela amizade, gentilezas e atenção com que sempre oferece uma palavra de ânimo.

Às professoras Renata, Nazaré e Anna que me acompanham desde o mestrado e que prontamente me auxiliavam nas dificuldades, participando, cada uma a seu modo, da construção desse trabalho e da minha formação. Agradeço a amizade de vocês e o brilhantismo com que ensinam, discutem e fazem pesquisa em Educação e generosamente compartilham seus conhecimentos conosco.

À professora Andreza e ao professor Thiago pela leitura do trabalho, contribuições e participação na banca de defesa. À Andreza pelos aprendizados divididos no núcleo e durante sua disciplina, ampliando meu olhar ingênuo para as políticas educacionais. Ao Thiago, meu orientador por um mês, pela atenção com que sempre nos trata e pelos mais variados conhecimentos compartilhados em nossas conversas durante as tardes no PPGE.

Às professoras Lenice e Inês pelas contribuições, ensinamentos, carinho e amizade. Lenice, obrigado pelos ensinamentos da abordagem histórico-cultural presenciais ou, às vezes, no meio da tarde, por telefone. Inês, agradeço por, desde o mestrado, ter contribuído com o desenvolvimento desta pesquisa, com o olhar aguçado e atento apontando as lacunas e os possíveis caminhos para eu seguir burilando meu trabalho.

Aos professores e funcionários do PPGE da UNIMEP pelo acolhimento, carinho e respeito, em especial às queridas Elaine e Walkiria, minhas mães de coração, pessoas e profissionais extremamente comprometidas com o trabalho e atenciosas quando nos recebe e socorre.

Aos meus colegas de mestrado e de doutorado que tenho a honra de carregar para a vida toda. Especialmente à Renata, à Kátia, ao Nestor e à Roberta, amigos/irmãos queridos que a vida me deu de presente, com os quais compartilho experiências, aprendo, divido incertezas e, principalmente, muitas alegrias.

Aos licenciandos, participantes desta pesquisa, que dividiram sua formação comigo e, ao se formarem professores, constituíram-me formador de professor.

A todos e todas que de algum modo contribuíram com o desenvolvimento desta pesquisa.

A professora Roseli P. Schnetzler, em texto que nos conta suas trilhas de aprendizagem e atuação como educadora química, elege dois conceitos, que segundo ela, são fundamentais para nós que estamos investigando o ensino de Química: *o outro e a paixão!*

Suas palavras, trajetória de vida e contribuições para o campo da Educação Química são para nós, educadores químicos, uma inspiração. Sua generosidade e humanidade são, para mim que tenho a honra de sua amizade, um exemplo.

Faço suas as minhas palavras iniciais, pois no excerto que segue, sinto minhas aspirações de educador químico iniciante representadas:

[...] *sem o outro e sem paixão*, não se aprende e não se atua de forma humana e construtiva, profissional e pessoalmente falando. Explicando de outro modo: sem o outro não se aprende MESMO! Com o outro, mas sem paixão, pode-se aprender, mas não ensinar [...] É lógico que o sentido que atribuo à paixão implica também assumir um projeto político (SCHNETZLER, 2012, p. 93).

Resumo

A presente tese insere-se no campo de pesquisas e estudos da Educação Química e propõe-se investigar se e como futuros professores de química (re)elaboram suas visões simplista de docência e empirista/positivista de experimentação e ciência, à luz de três contribuições de pesquisas daquele campo: experimentação investigativa, articulação entre os três níveis de conhecimento químico (fenomenológico, representacional e teórico-conceitual) e mediações pedagógicas. Tomando como diretriz uma integração dessas contribuições, optamos por trabalhar, com licenciandos de Química, possíveis ações de ensino em uma estratégia formativa que envolveu a construção de guias experimentais investigativos e foi desenvolvida em seis etapas: i) identificação de concepções prévias sobre ciência e experimentação e a problematização do tema; ii) exemplificação da abordagem investigativa por meio de uma aula modelo; iii) proposição de um modelo de guia experimental investigativo; iv) escolha de um tema químico e elaboração da primeira versão do guia; v) estudo sobre mapas conceituais e reelaboração dos guias; vi) entrevista com os licenciandos. A orientação teórico-metodológica assumida se fundamenta na abordagem histórico-cultural, principalmente em estudos de Lev S. Vigotski. As diretrizes do método em termos de construção de análises nos possibilitaram estudar o processo de construção dos guias experimentais investigativos, considerando dois aspectos: o primeiro, referente à opção por uma análise do processo em oposição à análise do produto e o segundo, baseado na construção de uma investigação explicativa e não meramente descritiva. A investigação tecida nos permitiu: i) identificar concepções iniciais dos licenciandos, concernentes à ciência e à experimentação, de um lado, e, à mediação pedagógica e aos níveis de conhecimento químico, de outro; ii) caracterizar tais concepções, por meio de análise dos guias experimentais produzidos e de possíveis mudanças constatadas pelo confronto das duas versões por eles elaboradas; iii) evidenciar depoimentos sobre suas aprendizagens e dificuldades durante a estratégia formativa com eles desenvolvida. Considerando o processo de construção dos guias, os resultados indicam que os licenciandos que efetuaram mudanças na segunda versão manifestaram (re)elaborações significativas que permitem confirmar a pertinência de promover junto a futuros professores processos formativos fundamentados na integração daquelas três contribuições de pesquisas, o que pode possibilitar a superação de concepções simplistas de docência e empirista/positivista de experimentação e de ciência, as quais são reforçadas pelo modelo da racionalidade técnica, historicamente adotada em cursos de Licenciatura em Química.

Palavras-Chave: Educação Química; Formação Docente Inicial; Experimentação Investigativa; Três Níveis de Conhecimentos Químicos; Mediações Pedagógicas.

Abstract

This thesis refers to the field of research and studies of Chemical Education and it is proposed to investigate whether and how future Chemistry teachers (undergraduate students) re-elaborate their simplistic view on teaching and empiricism/positivism view on experimentation and science, regarding three research contributions from that field: investigative experimentation, articulation between the three levels of chemical knowledge (phenomenological, representational and theoretical-conceptual) and pedagogical mediations. Taking as a guideline an integration of these contributions, we chose to work with the students possible teaching actions in a formative strategy that involved the construction of investigative experimental guides and was developed in six stages: i) identification of previous conceptions about science and experimentation and the problematization of the theme; ii) exemplification of the investigative approach through a model class; iii) proposition of a model of an investigative experimental guide; iv) selection of a chemical theme and elaboration of the first version of the guide; v) study on conceptual maps and re-elaboration of the guides; vi) interview with the students. The theoretical-methodological orientation assumed is based on the historical-cultural approach, mainly in studies of Lev S. Vigotski. The method's guidelines, regarding the construction of analyzes, enabled us to study the process of constructing the investigative experimental guides, considering two aspects: the first, referring to the option of an analysis of the process as opposed to the analysis of the product, and the second one, based on the construction of an explicative investigation, rather than a merely descriptive one. The investigation allowed us to: i) identify the initial conceptions of the students, concerning science and experimentation, on the one hand, and pedagogical mediation and levels of chemical knowledge, on the other; ii) characterize these conceptions, through the analysis of the experimental guides produced and the possible changes verified by the confrontation of the two versions elaborated by them; iii) evidence their learning and difficulties during the training strategy developed with them. Considering the process of construction of the guides, the results indicate that the students who made changes in the second version showed significant re-elaborations that allow us confirming the pertinence of promoting formative processes with future teachers based on the integration of those three research contributions. It enables students to overcome simplistic conceptions of teaching and empiricism/positivism methods of experimentation and science, that are reinforced by the model of technical rationality, historically adopted in Chemistry undergraduate courses.

Keywords: Chemical Education; Initial Teacher Training; Investigative Experimentation; Three Levels of Chemical Knowledge; Pedagogical Mediations.

Sumário

<i>Introdução</i>	13
<i>Capítulo 1 – Marcas pedagógicas e epistemológicas na formação inicial de professores de Química</i>	22
1.1. Diálogo entre a pesquisa em ensino de Química e perspectivas de investigação sobre processos de ensino-aprendizagem	22
1.2. O desenvolvimento dos cursos de Licenciatura em Química no Brasil	30
<i>Capítulo 2 – Alternativas didáticas às marcas pedagógicas e epistemológica na formação inicial de professores de Química</i>	43
2.1. Repensando a formação de professores de Química.....	43
2.2. Experimentações Investigativas e articulações dos três níveis de conhecimentos químicos	54
<i>Capítulo 3 – Desenvolvimento Humano e Educação na perspectiva histórico-cultural</i>	65
3.1. A formação humana: funções psíquicas superiores e mediação social.....	65
3.2. Elaboração Conceitual e Mediações Pedagógicas	73
<i>Capítulo 4 - Propondo um novo modelo de guia experimental investigativo</i>	82
4.1. As diretrizes do método	82
4.2. Contexto e sujeitos da investigação	87
4.2.1. O contexto de produção da pesquisa.....	87
4.2.2. Os sujeitos da investigação	95
4.3. Procedimentos de construção e análise de dados	97
<i>Capítulo 5 – (Re)elaborações conceituais dos futuros professores</i>	100
5.1. Identificação de concepções prévias dos licenciandos.....	101
5.1.1. Debate epistemológico sobre experimentação e ciência	101
5.1.2. Discussão sobre a articulação dos três níveis de conhecimento químico no ensino.....	112
5.2. Análise do processo de elaboração dos guias experimentais investigativos...120	

5.2.1. Análise de dois guias experimentais investigativos sobre óxido-redução	120
5.2.2. Análise de um guia experimental investigativo sobre solubilidade.....	141

Capítulo 6 – O que dizem os licenciandos sobre suas aprendizagens e dificuldades promovidas pela estratégia formativa.....154

6. 1. (Re)elaborações sobre a atuação de professores em situações de ensino	154
-----------------------------------------------------------------------------------	-----

6.2. A importância de modelos de atuação docente	162
--------------------------------------------------------	-----

<i>Considerações Finais.....</i>	<i>172</i>
-----------------------------------------	-------------------

<i>Referências</i>	<i>180</i>
---------------------------------	-------------------

<i>Anexos</i>	<i>193</i>
----------------------------	-------------------

Lista de Figuras

Figura 1: Três níveis de conhecimentos químicos propostos por Johnstone (1982, 1991, 2000).....	60
Figura 2: eletrólise em solução aquosa de cloreto II com eletrodos de carbono....	61
Figura 3 Trecho da primeira versão da Guia da Dupla 2.....	121
Figura 4 Trecho da primeira versão do guia da dupla 2	122
Figura 5 Trecho da Primeira Versão do Guia da Dupla 2.....	124
Figura 6 Trecho da Primeira Versão do Guia da Dupla 1.....	127
Figura 7 Trecho da Primeira Versão do Guia da Dupla 1.....	129
Figura 8 Trecho da Primeira Versão do Guia da Dupla 1.....	130
Figura 9 Mapa de estrutura conceitual elaborado pela dupla 1	132
Figura 10 Trecho da Segunda Versão do Guia da Dupla 2.....	135
Figura 11 Trecho da Segunda Versão do Guia da Dupla 2.....	136
Figura 12 - Trecho da Segunda Versão do Guia da Dupla 2	137
Figura 13 Trecho da Segunda Versão do Guia da Dupla 1.....	137
Figura 14 Trecho da Segunda Versão do Guia da Dupla 1.....	138
Figura 15 Trecho da Segunda Versão do Guia da Dupla 1.....	139
Figura 16 Trecho da Primeira Versão do Guia da Dupla 3.....	142
Figura 17 Trecho da Primeira Versão do Guia da Dupla 3.....	143
Figura 18 Trecho da Primeira Versão do Guia da Dupla 3.....	144
Figura 19 Mapa de Estrutura Conceitual Elaborado pela Dupla 3.....	147
Figura 20 Trecho da Segunda Versão do Guia da Dupla 3.....	148
Figura 21 Trecho da Segunda Versão do Guia da Dupla 3.....	149
Figura 22 Trecho da Segunda Versão do Guia da Dupla 3.....	150
Figura 23 (Re)elaborações entre os três níveis de conhecimento químico ampliada por Taber (2009)	151

Introdução

A partir de contribuições de pesquisas sobre a formação de professores de Química (MALDANER, 2000; ROSA, 2004; MALDANER e ZANON, 2010; ECHEVERRÍA, BENITE e SOARES, 2010; SCHNETZLER, 2008, 2010; MÓL, 2012; CHASSOT, 2014, GALIAZZI, 2014; NERY e MALDANER, 2014; MASSENA, 2015; BEGO, OLIVEIRA e CORRÊA, 2017; LESSA e SOUZA, 2017 entre outros), bem como das orientações das diretrizes nacionais para os cursos de Química (BRASIL, 2002) e para os cursos de formação de professores (BRASIL, 2001, 2002, 2015a), partimos do pressuposto de que a formação inicial seja o *locus* de introdução e aprendizagem dos futuros professores para o exercício da atividade docente. Nesta perspectiva, apesar de considerarmos que a formação, em sentido amplo, é um *continuum* que inclui trajetórias de vida e referenciais culturais, optamos por valorizar a formação inicial nos cursos de licenciatura como espaço privilegiado de formação e desenvolvimento profissional, tal como advogam Gatti, Barretto e André (2011, p.89):

a formação inicial de professores tem importância ímpar, uma vez que cria as bases sobre as quais esse profissional vem a ter condições de exercer a atividade educativa na escola com as crianças e os jovens que aí adentram, como também, as bases de sua profissionalidade e da constituição de sua profissionalização. Essa formação, se bem realizada, permite à posterior formação em serviço ou aos processos de educação continuada avançar em seu aperfeiçoamento profissional, e não se transformar em suprimento à precária formação anterior, o que representa alto custo, pessoal ou financeiro, aos próprios professores, aos governos, às escolas.

Todavia, tal como Galiazzi (2014, p. 191) argumenta ao analisar a formação inicial de professores de ciências, o conhecimento desses profissionais ao término do curso se mostra problemático, pois “desde sua origem os cursos de Licenciatura têm contribuído para a construção de um conhecimento profissional dispersado em conjunto de disciplinas estanques e isoladas”. Tal fato é reflexo da desarticulação histórica das disciplinas pedagógicas às específicas, a qual, reforça a duplicidade de objetivos de formação: químicos profissionais e professores de química.

Muitos de nossos cursos de licenciatura ainda estão ligados ao modelo formativo que elenca como eixo estrutural as disciplinas específicas e elege às disciplinas pedagógicas um estatuto complementar (SCHNETZLER, 2010; SANTOS e FONSECA, 2016; BEGO, CASTRO e CORRÊA, 2017; LESSA e SOUZA, 2017). Por isso, mesmo quando o

professor tenta se desvencilhar de visões simplista de docência ou positivista/empirista de ciência, ele acaba sem saber como trabalhar de forma diferente: “saem os alunos dos cursos de Licenciatura em Química com o domínio do conhecimento da área de química, contudo sentem-se ao mesmo tempo desarmados, porque mesmo de posse do conhecimento químico, não sabem como torná-lo ensinável” (SILVA, 2003, p. 28).

Essa dificuldade é fruto da incapacidade de nossos cursos enfatizarem os aspectos mais relacionados ao ensino dos conteúdos do que somente ao conteúdo químico propriamente dito, usualmente transmitido de forma prioritariamente operacional, instrumental e não conceitual. Assim, ainda são atuais e difíceis de serem superados os problemas formativos elencados por Schnetzler (2010) como, por exemplo, a desarticulação entre as disciplinas de conteúdos químicos e pedagógicos; ausência de reelaborações pedagógicas de conhecimentos químicos por parte dos formadores; a valorização da formação de bacharéis em detrimento de educadores químicos; a dualidade entre teoria-prática; a ausência de intercâmbio entre universidade e escola; a manutenção do círculo vicioso do ensino tradicional de Química, por meio de um modelo formativo sustentado na transmissão-recepção.

Considerando tais características, acreditamos que para mudarmos significativamente a formação inicial de professores não basta apenas conscientizarmos os licenciandos sobre os problemas e limitações de um ensino cunhado na transmissão-recepção (SCHNETZLER, 2010; MALDANER, 2014; ECHEVERRÍA, BENITE e SOARES, 2010). Mais do que isso, “é preciso que eles explorem e vivenciem outras posturas docentes mais adequadas” (SCHNETZLER, 2010, p. 158) e que superem a visão simplista de docência, pautada exclusivamente no domínio e transmissão do conteúdo químico.

Assim, optamos por trabalhar com licenciandos em Química possíveis ações de ensino, por meio de uma estratégia formativa, que integrasse três contribuições de pesquisas do campo da Educação Química, consideradas importantes para a melhoria do ensino:

- i) O papel da experimentação investigativa na interpretação de fenômenos químicos: Partindo do pressuposto de que a experiência por si só não promove a aprendizagem em nível microscópico e repensando sua função no ensino de Química, objetivamos explorar suas potencialidades no que se refere ao estabelecimento de articulações entre os três níveis do conhecimento químico. A partir dos estudos de Hodson (1994), Silva e Zanon (2000), Silva, Machado

e Tunes (2010), Souza et al (2013), Galiazzi e Gonçalves (2014); Quadros et al (2015); Schnetzler, Silva e Antunes-Souza (2016) e demais educadores químicos, propusemos atividades experimentais investigativas que possibilitassem a exploração e a interpretação de fenômenos, incluindo a identificação e a reelaboração de ideias prévias de alunos.

ii) A articulação dos três níveis de conhecimentos químicos: Contrariando práticas de ensino que priorizavam informações fenomenológicas em detrimento de conhecimentos teórico-conceituais, retomamos o estudo de processos de ensino-aprendizagem que promovam a articulação entre os três níveis de conhecimentos químicos: fenomenológico ou macroscópico (aquilo que podemos ver, medir ou descrever - densidade, cor, peso etc. -); representacional (linguagem química: simbologia própria da Química para representar elementos químicos, fórmulas de substâncias e equações que representam reações químicas); e teórico-conceitual ou microscópico (modelos e teorias que nos permitem explicar os fenômenos). Tal articulação foi inicialmente proposta por Johnstone (1982, 1991, 2000) e enfatizada por vários educadores químicos. Para além de um ensino no qual o fenômeno, a linguagem e a teoria comparecem como aspectos igualmente importantes, visamos problematizar a linguagem química como ponte entre os níveis macroscópico e microscópico (TABER, 2013, 2015).

iii) A importância das mediações pedagógicas para a aprendizagem escolar: Apoiados em Vigotski (1934/1993, 1931/1995, 1929/2000) e seus seguidores, assumimos o processo de elaboração conceitual em sala de aula como uma prática social mediada na/pela palavra e no/pelo outro. Assim, o professor tem a tarefa de promover no aluno a elaboração de ideias abstratas e generalizantes para interpretar o fenômeno observado, por meio de articulações mediadas por ele entre aqueles três níveis de conhecimentos químicos. Isto se deve ao fato de que a ciência Química, enquanto campo de conhecimento, sustenta-se em um pensamento abstrato: “Invocamos átomos, íons, moléculas, partículas que interagem e que estão em movimento, contrariando o modo estático e contínuo dos alunos conceberem os materiais e suas transformações” (SCHNETZLER, 2010, p. 65). E o professor, como promotor de conhecimento químico na escola, tem a tarefa de introduzir os estudantes

nesta forma diferente de pensar e explicar o mundo, visando a apropriação deste pensamento.

As duas primeiras contribuições de pesquisas são discutidas e aprofundadas no segundo capítulo desta tese, vez que também fundamentam a estratégia formativa desenvolvida, além de se constituírem como alternativas didáticas à superação de concepções simplistas de docência e empiristas/positivistas de experimentação e de ciência que vêm caracterizando a formação de professores de química, como discutido no primeiro capítulo deste estudo. No que tange à terceira contribuição de pesquisas e que também fundamenta a estratégia desenvolvida – mediações pedagógicas -, é discutida no capítulo três, no âmbito do referencial teórico aqui adotado.

Destarte, a nossa investigação volta-se para a problemática de investigação: como formar professores de química, considerando-se a necessidade de superação de concepções simplistas sobre docência e empirista/positivista de ciência e experimentação. O contato com a formação de professores foi possível, pois, como aluno de doutorado sem experiência docente em ensino superior, cumpri o estágio docência¹ obrigatório em uma universidade privada do interior paulista. Minha orientadora, na ocasião, ministrava disciplinas pedagógicas em um curso de Licenciatura em Química e permitiu que eu, enquanto estagiário, desenvolvesse minha pesquisa com os futuros professores.

Desse modo, a pesquisa foi realizada em duas disciplinas de cunho pedagógico oferecidas a uma turma de futuros professores de química do último ano por dois semestres consecutivos. No âmbito dos objetivos disciplinares, a estratégia formativa, sumarizada a seguir, foi construída com o propósito de promover nos licenciandos a aprendizagem de seu papel mediador. Em outras palavras, construímos uma estratégia formativa com vistas a possibilitar o desenvolvimento de conceitos e mudanças metodológicas e atitudinais por meio do enfrentamento de situações de ensino, neste caso, a elaboração de guias experimentais investigativos.

Portanto, a estratégia formativa desenvolvida, pautou-se na compreensão de que os processos interativos e dinâmicos no ensino e na aprendizagem são essenciais, pois é o professor quem faz intervenções deliberadas voltadas à elaboração de explicações e significações no nível teórico-conceitual. Nesses termos, enquanto formadores de

¹ O estágio docência é uma atividade exigida pela agência financiadora desta pesquisa, sendo obrigatório para bolsistas de doutorado que não possuem experiência docente no ensino superior. Dentre as minhas atividades, estavam previstas: i) participar do planejamento das aulas; ii) ministrar aulas; iii) auxiliar os licenciandos nas atividades propostas e iv) participar dos processos de avaliação dos licenciandos.

professores, pensamos em atividades apoiadas na mediação pedagógica, nas quais, os futuros professores fossem desafiados a pensar em como ensinar o conhecimento químico escolar, considerando seu papel nas mediações pedagógicas baseadas em articulações concreto-abstratas por seus futuros alunos em possíveis ações de ensino.

Dessa forma, aos licenciandos foi dada a tarefa de elaborar guias experimentais investigativos considerando as contribuições anteriormente apontadas, visando a promoção de articulações concreto-abstratas por meio da interpretação de um fenômeno químico, guiada por questões que orientassem o pensamento dos alunos.

De maneira sucinta, podemos elencar o conjunto de atividades que compuseram a estratégia formativa:

i) identificação de concepções dos licenciandos sobre experimentação e ciência e sua problematização no ensino de Química pelo estudo e discussão de textos (SILVA e ZANON, 2000; SILVA, MACHADO e TUNES, 2010) que as criticam como atividade comprovativa de teorias científicas, justificando a importância do uso da experimentação investigativa naquele ensino;

ii) exemplificação de abordagem de uma experiência investigativa pela professora responsável para evidenciar a importância das mediações pedagógicas, por parte do professor, na interpretação do fenômeno químico investigado, contrariando concepções simplistas de docência;

iii) a proposição de um modelo para elaboração de guias experimentais investigativos que reflete a articulação dos três níveis de conhecimentos químicos e mediações pedagógicas exigidas para tal;

iv) a opção por um tema químico por parte dos futuros professores com a elaboração e apresentação de um guia experimental investigativo;

v) a introdução de elaboração de mapas conceituais sobre o tema químico escolhido para auxiliar a organização da estrutura conceitual, evidenciando com cores distintas quais conceitos seriam retomados, quais seriam definidos ou transmitidos pelo professor e quais seriam elaborados (conceitos novos) pelos alunos na interpretação do fenômeno químico sob análise.

No que tange ao guia experimental investigativo, o modelo foi construído à luz das indicações de Silva, Machado e Tunes (2010), quando caracterizam Atividades Demonstrativas-Investigativas. Segundo os autores, tal abordagem inicia-se com demonstrações pelo professor, durante as próprias aulas teóricas, de fenômenos simples, os

quais são iniciados com a formulação de questões para despertar o interesse dos alunos. São apontados como contribuições dessas atividades: i) maior participação e interação dos alunos entre si e com o professor; ii) melhor compreensão por parte dos alunos da relação teoria-experimento; iii) o levantamento de concepções prévias dos alunos; iv) desenvolvimento de habilidades cognitivas por meio da formulação e teste de hipóteses; v) valorização de um ensino por investigação (SILVA, MACHADO e TUNES, 2010).

Em função de tais orientações, sugerimos aos licenciandos desenvolverem uma atividade de ensino – elaboração de guias experimentais investigativos - com caráter orientador do trabalho do professor, evidenciando as mediações pedagógicas necessárias para os alunos interpretarem o fenômeno químico investigado. Em vista disso, deveriam ser guias que sugerem como professores podem abordar tais experimentos, orientando o pensamento dos alunos à luz da teoria. Ou seja, os guias que eles elaboraram deveriam enfatizar a discussão teórica da experimentação. Nesse sentido, ao contrário de roteiros tradicionais que se dirigem aos alunos orientando as técnicas de procedimento e a um resultado a ser alcançado, os guias elaborados deveriam ser orientadores de mediações pedagógicas por parte do professor. Os guias deveriam partir de uma situação problema para que o aluno fosse construindo hipóteses e participando cognitivamente (pensando sobre o que está fazendo). Colocando-se no papel de mediadores, os licenciandos estruturaram seus guias visando a orientação do pensamento do aluno que promovesse a articulação entre teoria e prática. Isto é, primando pela negociação de significados e construção de conhecimentos compartilhados, o professor precisaria questionar o experimento no sentido de que as problematizações não partissem somente do fenômeno.

Os guias experimentais investigativos foram organizados em três partes: i) descrição do fenômeno e problematização; ii) interpretação do fenômeno, sugerindo quais tipos de perguntas o professor poderia fazer para nortear a discussão; iii) retomada do experimento por meio da construção da tabela dos três níveis de conhecimentos químicos envolvidos na interpretação do experimento.

Outras características gerais apresentadas foram:

i) A questão que sempre nortearia a interpretação dos fenômenos seria: *como eu explico o que eu estou vendo?*

ii) A demonstração do experimento seria acompanhada pela problematização sobre o que está acontecendo, qual é o fenômeno e a sua descrição, sem indicar a sua resposta.

iii) A interpretação do fenômeno, na qual os alunos seriam provocados a explicá-lo, ocorreria por meio do levantamento de conhecimentos prévios. Era objetivo, portanto, propor mediações pedagógicas que promovessem a articulação macroscópico-microscópico.

iv) O guia deveria ser organizado por cores: escritos, em vermelho, seriam as questões e as informações químicas que o professor poderia colocar a seus alunos; escritos, em azul, seriam as sugestões ao professor, com conceitos que poderiam orientar o pensamento dos alunos, levando-os a explicar o fenômeno.

v) Além das instruções acima, o guia experimental solicitaria que o professor auxiliasse seus os alunos a registrarem as informações discutidas segundo os três níveis de conhecimento químico:

Fenomenológico	Representacional	Teórico-conceitual

Como exposto, a estratégia desenvolvida envolveu objetivos em duas esferas. Na primeira, os objetivos descritos e relacionados à disciplina definidos pela professora formadora e na segunda, o objetivo que eu, como pesquisador, elenquei como foco de investigação da presente tese.

Quanto ao objetivo da presente investigação, nosso propósito é o de investigar se e como futuros professores de química (re)elaboram suas visões simplistas sobre docência e empirista/positivista sobre ciência e experimentação, à luz das três contribuições de pesquisas mencionadas - experimentação investigativa, articulação entre os três níveis de conhecimento químico e mediações pedagógicas - que fundamentam a estratégia formativa com eles desenvolvida, no âmbito dos guias experimentais investigativos por eles elaborados. Assim, a questão norteadora desta investigação é: *Quais são as (re)elaborações promovidas por uma estratégia formativa - fundamentada na experimentação investigativa, na articulação dos três níveis de conhecimentos químicos e em mediações pedagógicas - para superar as concepções simplista de docência e empirista/positivista de ciência e experimentação de futuros professores de Química ?*

A tese aqui defendida é a de que promover junto a futuros professores processos formativos fundamentados em experimentação investigativa, articulação dos três níveis de conhecimento químico e mediações pedagógicas pode contribuir para a superação de concepções simplistas de docência e empirista/positivista de experimentação e de ciência,

as quais são reforçadas pelo modelo da racionalidade técnica², historicamente adotada em cursos de Licenciatura em Química.

A opção teórico-metodológica para o desenvolvimento desta investigação se fundamenta na abordagem histórico-cultural, principalmente, em estudos de Vigotski (1931/2013, 1924/2014, 1929/2000). 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.

Nesse contexto, a presente tese se apoia no entendimento de que as investigações acontecem nas práticas sociais, nas quais o método não só influencia o modo como circunscrevemos nosso problema de pesquisa, mas, também, orienta o modo como olhamos para o objeto nas relações indissociáveis entre sujeito e realidade. Por isso, ao discutir a natureza desta pesquisa, indico a importância da articulação teórico-metodológica, no sentido de considerar e analisar o fenômeno como um processo em movimento. Ademais, esperamos, a partir desses pressupostos teórico-metodológicos assumidos, estabelecer um diálogo profícuo com o campo de formação de professores de Química, contribuindo para ampliar a compreensão de questões da formação inicial.

Destarte, o presente texto, além da Introdução e das Considerações Finais, se estrutura em 6 Capítulos.

No *Capítulo 1*, caracterizamos as marcas pedagógica e epistemológica que têm sido historicamente reproduzidas na formação inicial de professores de Química. Tal análise se desenvolve a partir do estudo de investigações sobre processos de ensino-aprendizagem na área de Ensino de Química e do desenvolvimento dos cursos de Licenciatura em Química no Brasil.

No *Capítulo 2*, discutimos alternativas didáticas apresentadas às marcas explicitadas no capítulo anterior, justificando a atualidade e importância de se analisar o papel pedagógico da experimentação no ensino de Ciências/Química que vise a promoção de articulações entre os três níveis de conhecimentos químicos.

No *Capítulo 3*, apresentamos a fundamentação teórica pautada na perspectiva histórico-cultural. Nesse sentido, na primeira parte introduzimos pressupostos dessa matriz teórica e na segunda explicitamos, no âmbito dos processos de ensino-aprendizagem, aspectos da mediação pedagógica e da elaboração conceitual.

² Sobre o modelo da racionalidade técnica, ver capítulo 1.

No *Capítulo 4*, descrevemos o caminho metodológico realizado para responder à questão central desta pesquisa. Portanto, discutimos a sua natureza, descrevemos os sujeitos nela participantes e explicamos os procedimentos de coleta, construção e análise de dados.

Nos *Capítulos 5 e 6* são tecidas as análises da presente investigação. A proposta é analisar os guias experimentais sob dois ângulos: i) como os licenciandos se apropriam dos conceitos de experimentação investigativa e articulação dos três níveis de conhecimentos químicos e ii) como, durante tal processo vão mediando os conhecimentos químicos escolares envolvidos na experimentação. Portanto, no *Capítulo 5* exploramos os processos de construção dos guias que explicitam as (re)elaborações dos licenciandos sobre o conceito de experimentação investigativa e o entendimento sobre a articulação dos três níveis de conhecimentos químicos e, conseqüentemente, na aprendizagem de conceitos químicos escolares.

Por sua vez, no *Capítulo 6*, analisamos, a partir do que dizem os futuros professores, as aprendizagens e dificuldades nas (re)elaborações da atividade docente no contexto de produção dos guias experimentais investigativos. Articulada à essa discussão, investigamos, também, a importância de modelos de atuação docente que podem ser oferecidos pelos professores formadores.

Nas *Considerações Finais*, retomamos a problemática da investigação e destacamos as contribuições do trabalho para a formação docente inicial em Química.

Capítulo 1 – Marcas pedagógicas e epistemológicas na formação inicial de professores de Química

Problematizar a formação inicial de professores de Química no âmbito daquelas três contribuições de pesquisa mencionadas - i) a função da experimentação no ensino, ii) articulação dos três níveis de conhecimentos químicos e iii) o papel mediador do professor -, requer o entendimento de como concepções sobre docência, ensino e aprendizagem vêm se constituindo nesses cursos. Em vista disso, o nosso objetivo neste capítulo é caracterizar as marcas pedagógica e epistemológica que têm sido reproduzidas na formação inicial de professores de Química. Para tanto, analisamos as perspectivas de investigação sobre os processos de ensino-aprendizagem na área de Ensino de Química e o desenvolvimento dos cursos de Licenciatura em Química no Brasil.

1.1. Diálogo entre a pesquisa em ensino de Química e perspectivas de investigação sobre processos de ensino-aprendizagem

A Educação Química é uma subárea do campo de conhecimento da Química caracterizada pela investigação de questões relacionadas ao ensino e à aprendizagem daquele conteúdo em ambiente escolar. Nas palavras de Chassot (2014), a área de educação química situa-se na fronteira entre a educação e a Química e se propõe compreender o significado do ensino de Química nos currículos dos diferentes graus de ensino. Sendo assim, ainda podemos considerar atual a definição proferida por Malcon Frazer no 1º Encontro Nacional de Ensino de Química: "uma área de estudo sobre ensino e aprendizagem da Química em todos os níveis, onde a melhoria de ambos se constitui no objetivo fundamental das pesquisas" (FRAZER, 1982, p. 127). Portanto, neste subcampo de conhecimento, à diferença dos demais, nosso objeto de estudo e pesquisa não é apenas o conhecimento químico, mas o seu aprendizado e ensino, sendo esse o seu traço característico.

Apesar do consenso entre os estudiosos de que, no Brasil, as primeiras pesquisas sobre o ensino de Química datam de 1978 como, por exemplo, destacam Schnetzler (2002, 2010), Mól (2010) e Santos e Porto (2013), não podemos afirmar que até então era inexistente a preocupação com o ensino e aprendizagem de Química.

Segundo Chassot (2014), em conferência de abertura do VII Encontro Nacional de ensino de Química em julho de 1994, a professora Roseli P. Schnetzler ressaltou a existência de vários artigos discutindo o ensino de conteúdos da química na revista *Ciência e Cultura* desde 1950, bem como contribuições semelhantes em Atas do III Congresso Sul-americano de Química, realizado na cidade do Rio de Janeiro em 1937. No entanto, conforme a autora identificou, embora as contribuições destes trabalhos sejam inegavelmente importantes em termos históricos, elas estavam apoiadas exclusivamente em visões pessoais dos autores, isto é, construídas por experiências pessoais e não por resultados de pesquisas.

Dessa forma, podemos considerar esse campo de estudo como emergente se comparado aos demais campos da Química, afinal foi somente em meados da década de 1970 que a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) inaugurou a seção de “ensino de Química” na área de Química. Nesse contexto, é entendimento entre os investigadores da área, considerar como marcos iniciais da Pesquisa em Educação Química: i) a realização do primeiro Encontro de Debates sobre o Ensino de Química (EDEQ), organizado por Ático Chassot em 1980; ii) a organização do primeiro Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ), coordenado por Roseli P. Schnetzler e Maria Eunice R. Marcondes em 1982; iii) a criação da Divisão de Ensino de Química (DEQ), a primeira oficialmente, na Sociedade Brasileira de Química, em julho de 1988 (SCHNETZLER, 2002, 2010; MÓL, 2010; SANTOS e PORTO, 2013; CHASSOT, 2014, entre outros).

Além daqueles marcos, Schnetzler (2010) indica cinco grandes conquistas na promoção do desenvolvimento da Educação Química brasileira: i) a organização e a realização de inúmeros encontros nacionais e regionais de Ensino de Química; ii) o aumento expressivo de trabalhos de pesquisa na Seção de Educação em reuniões anuais da SBQ e da revista *Química Nova*; iii) a criação da revista *Química Nova na Escola* (QNEsc) em 1995; iv) a ampliação do quadro de mestres e doutores para a área e, v) o desenvolvimento de projetos de pesquisa e a publicação de livros sobre Educação Química.

Em âmbito internacional e, no que tange ao princípio da pesquisa em ensino de ciências, um episódio que se sobrepuja aos demais foi o lançamento do primeiro satélite artificial soviético: o *Sputnik* em 1957. Este evento é bastante significativo ao nosso campo de conhecimento, na medida em que a corrida espacial durante a Guerra Fria desencadeou um maciço investimento na educação básica. Este fato ilustra i) os tantos movimentos históricos que refletiram e refletem mudanças nos objetivos educacionais em função do

contexto político-econômico e ii) a estreita relação entre o desenvolvimento científico e a educação (KRASILCHIK, 2000; SANTOS e PORTO, 2013). Nos Estados Unidos, por exemplo, a reforma educacional fez-se com vistas à formação de jovens interessados em ciência que correspondessem às necessidades de produção armamentista e tecnológica impostas pela tensão político-econômica da época.

Nesse contexto, em seu início nos anos 60, a Pesquisa em Ensino de Química no âmbito internacional tinha um caráter instrumental e prático (SCHNETZLER, 2002). Essas pesquisas surgiram daquele movimento de reforma curricular, preocupado com a formação de futuros cientistas, ocorrido principalmente nos Estados Unidos e na Inglaterra e resultaram no desenvolvimento dos projetos CBA – Chemical Bond Approach Project (versão brasileira: Sistemas Químicos), CHEMS – Chemical Education Material Study (versão brasileira: Química: uma ciência experimental) e do Nuffield de Química. Segundo Rosa (2004, p. 40), estes projetos traziam a seguinte concepção sobre o processo de ensino-aprendizagem:

A abordagem de ensino-aprendizagem que pautavam tais projetos ficou conhecida como *redescoberta*, pois se pressupunha que por meio da observação do fenômeno propiciada em atividades de experimentação, alunos seriam capazes de (re) descobrir conceitos científicos.

Os materiais propostos à luz da orientação acima descrita promoveram mudanças nos modos de se ensinar. Santos e Porto (2013) destacam a substituição de experimentos demonstrativos por investigativos e a ênfase em produção de textos explicativos que promoveram a compreensão das ideias científicas, estimulando a criatividade do estudante e não a mera repetição. Para Schnetzler e Aragão (1995) outros avanços identificados foram i) a ideia de currículo em espiral; ii) a ênfase no ensino experimental; iii) a não-dicotomia entre teoria e prática; iv) a oposição ao tradicional domínio do professor sobre o discurso em sala de aula.

Todavia, anos mais tarde, surgiram críticas às consequências daquela abordagem. A primeira se referia à ênfase na aprendizagem por descoberta, concebendo o aluno como tábula-rasa. A segunda, à mitificação do método científico como único caminho à descoberta das verdades científicas a partir de observações neutras, concebendo a ciência como expressão objetiva da realidade.

Além disso, embora tenham criado vários grupos de pesquisa, essas investigações eram construídas à semelhança de pesquisas das ciências naturais e associadas à aplicação de teorias das ciências humanas. Sendo assim, havia forte ênfase em abordagens

quantitativas e comparativas à luz de contribuições da psicologia comportamental e da visão empirista/positivista da ciência (SCHNETZLER, 2002, 2010; CHASSOT, 2014). Tais características podem ser evidenciadas no texto de conferência “O que é a Educação Química” proferida por Malcolm Frazer durante o 1º ENEQ em julho de 1982:

Como visto anteriormente, a pesquisa em educação química i) consiste no aperfeiçoamento do ensino e da aprendizagem de química; ii) utiliza conhecimentos químicos; iii) utiliza teorias da psicologia, sociologia, filosofia, etc.; iv) utiliza técnicas tais como: testes, observações, entrevistas, questionários; Nesse sentido, as diferenças entre pesquisas em educação e em química são: i) investiga-se sobre pessoas e não sobre elétrons; ii) os resultados da pesquisa variam com o tempo e com o local; iii) não existe ainda uma metodologia de pesquisa bem estabelecida e aceita; iv) não existe ainda um sistema de publicação bem estabelecido; (...) (1982, p. 127).

A crítica àqueles projetos por sua fundamentação na concepção empirista de ciência, tal como exemplificado acima, atrelada aos baixos resultados das avaliações, culminaram na proposição de investigações sobre *como* os alunos aprendiam. Krasilchik (2000) destaca que avaliações internacionais daqueles projetos, à exemplo da realizada nos Estados Unidos em 1985 que produziu o documento “A Nation at Risk”, exerceram bastante impacto em esfera internacional e nacional, abrindo precedente para a abertura de novas reformas e investigações. Ou seja, a partir da década de 1980, os objetivos de pesquisa deslocaram-se explicitamente dos processos de ensino para os de aprendizagem:

Assumia-se na literatura internacional que o processo de ensino-aprendizagem de conceitos científicos passava pela construção de conhecimentos nas aulas de Ciências. A máxima de Ausubel (1968): “... determine aquilo que o aluno sabe e ensine-o a partir disto”, passou a ser o norte de um movimento que emergiu de vários centros de pesquisa do mundo (ROSA, 2004, p. 40).

Assim, considerando os estudantes como possuidores e construtores de ideias e à luz de contribuições da psicologia cognitivista, caberia ao professor promover a aprendizagem baseada na evolução, reorganização ou mudança das concepções dos alunos (SCHNETZLER, 2004).

Internacionalmente, durante os anos 80 foram realizadas cerca de 4000 pesquisas, as quais identificaram que mesmo alunos aprovados em cursos de Ciências, ainda tinham concepções errôneas sobre conceitos científicos. Os resultados dessa linha de pesquisa denominada *Movimento das Concepções Alternativas* apontavam, por um lado, para a resistência à mudança das concepções prévias dos alunos, por outro, associavam a

persistência das mesmas ao fato da maioria dos professores ainda não as considerarem, já que não propunham um ensino a partir delas (SCHNETZLER, 2002).

Entre nós esse processo acontece a partir da década de 80 e de forma análoga às tendências de pesquisas internacionais. Assim como aponta Schnetzler (2010), primeiro orientamos nossos trabalhos para a aprendizagem por (re)descoberta e, somente mais tarde, passamos a nortear nossas ações por meio de concepções construtivistas sobre ideias alternativas e mudança conceitual dos alunos. Nesse segundo momento, as pesquisas começaram a ser desenvolvidas de acordo com metodologias qualitativas que enfatizavam estudos de caso, materiais produzidos por alunos, entrevistas e registros de sala de aula. Na visão de Schnetzler (2002) e Chassot (2014), esses novos rumos de investigação implicaram a concepção de uma ciência não mais objetiva ou neutra, mas como uma construção humana com teorias e modelos explicativos transitórios.

Prevaleceu por muito tempo o entendimento de que a condição para a mudança conceitual seria um ensino que promovesse no aluno insatisfação ou conflito de concepções, possibilitando sua mudança. A orientação teórica para tais pesquisas era sustentada por modelos apoiados na linha piagetiana, numa concepção de construção de ideias pelo aluno de forma individual (SCHNETZLER, 2002)

Fazendo um resgate histórico recorreremos ao texto de Mortimer (1996), onde o autor assinala que esses resultados contribuíram para o fortalecimento do pensamento construtivista sobre processos de ensino-aprendizagem que se tornou bastante homogêneo a partir dos anos de 1980. Sobre tal linha de pensamento, mesmo existindo uma variedade de visões e abordagens no âmbito do construtivismo, Mortimer (1996, p. 22) destaca duas características comuns a todos: “1) a aprendizagem se dá através do ativo envolvimento do aprendiz na construção do conhecimento; 2) as ideias prévias dos estudantes desempenham um papel importante no processo de aprendizagem”.

Associado àquela concepção de aprendizagem e nas características acima expressas, várias estratégias de ensino e pesquisas foram desenvolvidas. No entanto, a partir do início dos anos 90, essa linha teórica começa a dar sinais de desgaste no que se refere i) ao esgotamento de investigações sobre concepções alternativas; ii) ao crescente número de trabalhos na literatura criticando aspectos filosóficos, pedagógicos e psicológicos do construtivismo (MORTIMER, 1996).

A exemplo dessas críticas, Mortimer (1996) e Schnetzler (2002) citam o trabalho de Matthews (1994), o qual indicava o quanto as ideias construtivistas até então desenvolvidas

estavam arraigadas em concepções empiristas da ciência. Para Mattheus, o problema construtivista estava em não distinguir as construções ideais de Ciência de seus objetos reais. Em resposta a essa constatação, os pesquisadores da área começam a adotar outros posicionamentos epistemológicos frente à ciência que pesquisam/ensinam e esse movimento pode ser evidenciado em Driver *et al* (1999, p. 32), quando os autores reivindicavam: “defendemos que, na educação em ciências, é importante considerar que o conhecimento científico é, ao mesmo tempo, simbólico por natureza e socialmente negociado”.

Outra dessas críticas centra-se nos processos de ensino-aprendizagem ancorados em estratégias de ensino piagetianas, propostas por professores pouco preparados para atuar segundo esta perspectiva. Mortimer (1996) ressalta que muitas das estratégias que usavam o conflito cognitivo numa abordagem piagetiana pareciam desconhecer características fundamentais do processo de equilíbrio³. Como resultado, tais estratégias,

(...) tentam [tentavam] simplesmente ampliar os conhecimentos que os estudantes já possuem dos fenômenos ou organizar o pensamento do senso-comum dos alunos (...) A prática da sala de aula contribui [contribuía] para o aumento da consciência do estudante sobre suas concepções, mas não consegue [conseguiu] dar o salto esperado em direção aos conceitos científicos (MORTIMER, 1996, p. 24).

Tais práticas revelavam a incapacidade de o aluno, sozinho e, por meio de observações empíricas, elaborar ideias científicas. Em crítica à ênfase aos processos individuais de construção de conhecimento, começam a ser introduzidas investigações pautadas na construção de conhecimentos mediados no campo de pesquisa. Partindo do princípio de que seja uma das funções escolares a apropriação de culturas de diversas áreas do conhecimento, tal como um processo de enculturação, Mortimer e Machado (1997, p. 141) caracterizam esse momento de transição teórico-metodológica nas pesquisas:

O ensino não pode ser visto simplesmente como um processo de reequilíbrio, no qual a exposição dos sujeitos a situações de conflito levaria à superação de concepções prévias e a construção de conceitos científicos. A superação de obstáculos passa necessariamente por um processo de interações discursivas, no qual o professor tem um papel fundamental, como representante da cultura científica.

³ A primeira etapa refere-se à função das lacunas no processo de construção de ideias novas, isto é, que “a falta de informações para interpretar os resultados de um experimento é um obstáculo maior que o conflito entre as ideias dos estudantes e os resultados” (MORTIMER, 1996, p. 24). A segunda, relacionado à terceira forma de equilíbrio: “muitas vezes o estudante permanece no campo dos esquemas, procedimento e rituais e não passa para o plano superior dos princípios, das explicações. Em função disso, o aluno não tenta generalizar essas explicações a fenômenos diversos, pois não as reconhece como gerais e sim como mais um esquema localizado” (MORTIMER, 1996, p. 25).

Nesse contexto, ocorre a inserção de pressupostos da abordagem histórico-cultural, proposta por Vigotski e seguidores. As pesquisas passam a destacar a aprendizagem de ciências como um processo, no qual, a elaboração de conhecimentos científicos pressupõe a análise consciente das suas relações com o conhecimento cotidiano. Nesses termos, a adoção de uma perspectiva de ciência socialmente construída implicou a presença da negociação de significados e das interações discursivas nos processos de ensino-aprendizagem, atribuindo diferente função ao professor que deixa o papel de mero facilitador e se torna um mediador que é constitutivo do outro. Outrossim, mais do que a ênfase em conteúdos, cabe ao professor orientar deliberadamente - em um processo que estabelece as relações de ensino-aprendizagem como prática social - a ampliação das estruturas generalizantes e abstratas de pensamento dos alunos, gerando novas significações do mundo natural:

[...] o fundamental é buscar estimular, nessa prática pedagógica e discursiva marcada pelas mediações pela palavra e pelo outro, o estabelecimento de relações dos sujeitos envolvidos não só com o objeto de conhecimento, mas também com os outros, com a linguagem, com o processo de construção de sentidos, significação, compreensão e com a constituição de subjetividades (SILVA JÚNIOR e MACHADO, 2016, p. 11).

Deste modo, o processo de ensino-aprendizagem está baseado na mediação feita pelo professor, a qual possibilita ao aluno a apropriação e elaboração de conhecimentos. Tal tendência de pesquisa inaugurou tanto a superação do dipolo ensino *versus* aprendizagem, quanto uma transição teórico-metodológica e, como indica Schnetzler (2010, p. 74), “tem sido crescentemente adotada em pesquisas sobre ensino de Química nos últimos dez anos, contribuindo para ampliar as linhas de investigação sobre discursos, interações professor-alunos, modos de mediação em sala de aula e estilos de ensino”.

Nessa perspectiva, a incorporação de postulados da abordagem histórico cultural às pesquisas no ensino de ciências/química promoveu novas interpretações sobre o papel da linguagem, do professor na elaboração de conceitos e de ciência (FLOR e CASSIANI, 2012; SILVA JÚNIOR e MACHADO, 2016). No entendimento de Silva e Giordan (2014), estudos sobre a linguagem têm se tornado recorrentes em linhas de pesquisa da área de educação em Ciências/Química, com destaque ao seu papel metodológico e esses estudos têm se debruçado sobre as relações entre linguagem e aprendizagem, dialogando com autores, como por exemplo, Lev Vigotski, Mikhail Bakhtin, Jay Lemke, entre outros.

Desta forma, enquanto campo de pesquisa, podemos considerar como desafio contemporâneo emergente o de refletir sobre o papel epistemológico que a linguagem tem no âmbito dos processos de ensino-aprendizagem, pautados em significações mediadas por ela e pelo outro. Essa preocupação é revelada, por exemplo, em trabalhos sobre a construção de significados no ensino de conceitos químicos: i) focalizando a investigação de interações dialógicas (GOUVEA e SUART, 2014; QUADROS, 2014; QUADROS et al, 2015; PERUCE et al, 2017; entre outros) ou ii) a ênfase em significações conceituais em processos orientados pela escrita (WENZEL, 2013; WENZEL e MALDANER, 2013; FLOR, 2015; FRANÇA e FRANCISCO, 2018; entre outros).

Para finalizar este item, indicamos que compreender como as relações de ensino-aprendizagem vão sendo consideradas ao longo do desenvolvimento do campo de pesquisa da Educação Química, tornar-se uma ferramenta potente para a investigação de como tais relações têm se constituído nos cursos de Licenciatura.

A articulação entre o desenvolvimento da área de investigação e a constituição dos cursos de formação inicial se justifica por concordarmos com Mesquita e Soares (2011). Em seu estudo sobre o desenvolvimento da formação inicial de professores de Química no Brasil entre os anos de 1930 e 1980, os autores afirmam que

Um aspecto que contribuiu deveras para o cenário de discussão e mudanças no campo da formação inicial de professores de química no período analisado foi a constituição e fortalecimento da área de Educação Química que passou a influenciar, por meio de resultados de suas pesquisas, as diretrizes oficiais tanto da educação básica quanto da educação superior (MESQUISTA e SOARES, 2011, p. 173).

Assim, o panorama geral referente às tendências de investigação sobre processos de ensino-aprendizagem até aqui apresentado, constitui-se como mais um elemento que contribui para o objetivo deste capítulo. Para tanto, propomos o estudo do desenvolvimento dos cursos de Licenciatura em Química no Brasil - tema da próxima seção - para analisar como marcas epistemológicas e pedagógicas pautadas numa concepção positivista/empirista de ciência e docência simplista têm se reproduzido nos cursos, apesar dos questionamentos daquela área.

1.2. O desenvolvimento dos cursos de Licenciatura em Química no Brasil

Tradicionalmente, os cursos de licenciatura no Brasil foram elaborados como apêndices das matrizes curriculares de bacharelado a partir dos anos de 1930 (CUNHA, 2010a, 2010c; DINIZ-PEREIRA e AMARAL, 2010; MESQUITA e SOARES, 2011; BEGO, OLIVEIRA e CORRÊA, 2017). Deste modo, o famoso modelo 3+1, presente até os dias atuais e regulador de tais cursos, constituiu-se historicamente, assim como Cunha (2010b, p. 70) ressalta ao analisar a criação das universidades brasileiras inspirada, principalmente, no modelo de cultura clássica francesa:

Em seus bancos acadêmicos [dos cursos de formação de professores] circulavam alunos interessados na docência para a escola secundária, fortemente atingida pela cultura disciplinar e específica. A escola secundária se identificava com os interesses da classe dominante da população e assumia um caráter propedêutico à universidade. Na realidade os estudantes universitários se aprofundavam nos campos de suas escolhas, com a lógica do bacharelado e, posteriormente, faziam um ano de estudos pedagógicos, identificados como uma didática específica.

Esse modelo 3 + 1 configurava-se, portanto, com a lógica da racionalidade técnica voltado para a formação de profissionais que solucionariam problemas instrumentais (MASSENA, 2015). Em tal modelo, primeiro aprendia-se as disciplinas de conteúdos específicos e de forma “complementar” no último ano do curso o profissional era instrumentalizado para atuar em sala de aula por meio das disciplinas pedagógicas, desarticuladas das disciplinas primeiras e de responsabilidade de outros institutos/faculdades (BEGO, OLIVEIRA e CORRÊA, 2017). Nesse sentido, ao pensar a estrutura dos cursos de formação de professores, ficava evidente a inexistência de saberes próprios da docência, no que se refere principalmente ao ensinar e aprender.

O modelo de formação baseado numa concepção simplista de que o ensino de conteúdos escolares seja fácil, pois, basta ter o domínio de conteúdo específico e o conhecimento de algumas técnicas pedagógicas ainda é um desafio atual das licenciaturas (SCHNETZLER, 2002, 2008; FRANCISCO JUNIOR, PETERNELE e YAMASHITA, 2008; BEGO, OLIVEIRA e CORRÊA, 2017; LESSA e SOUZA, 2017). A organização curricular, propiciada por esse modelo formativo, como nos diz Maldaner (2014, p. 36), é aquela que “pensa a mente humana como estrutura de uma casa tradicional: fundamentos (fundações), corpo da casa (conhecimentos específicos compartimentalizados), cobertura (jargão profissional protetor dos direitos)”. Assumindo, portanto, como base para a organização curricular, ainda, a lógica do como aprender conhecimentos específicos e não

a lógica de como ensinar tais conteúdos, por meio de sua reelaboração em conhecimentos escolares.

São muitos os pesquisadores em Educação Química no Brasil que têm alertado para as limitações do modelo de formação sustentado na racionalidade técnica (MALDANER, 2000, 2014; SCHNETZLER e ARAGÃO, 1995; SCHNETZLER, 2000, 2002, 2008, 2010; ECHEVERRÍA, BENITE e SOARES, 2010; BENITE, BENITE e ECHEVERRIA, 2010; ECHEVERRÍA e ZANON, 2010; MÓL, 2010; SANTOS e PORTO, 2013; NERY e MALDANER, 2014; MASSENA, 2015; LESSA e SOUZA, 2017).

Nas palavras de Contreras (2002), a racionalidade técnica reconhece o professor como um profissional que demonstre domínio técnico para sua aplicação na solução de problemas. Ao docente é conferida a função de expert do ensino, não lhe atribuindo habilidades para pensar os fins do seu ensino. Em outros termos, nesse modelo de profissionalidade assume-se a concepção produtiva de ensino em que: i) o currículo é entendido como uma atividade direcionada para alcançar resultados pré-estabelecidos; ii) o professor não domina a elaboração das técnicas, mas somente sua aplicação. A prática, segundo essa perspectiva, é uma mera forma de aplicação, revelando sua incapacidade de pressupor soluções para problemas que estão diretamente relacionados à incerteza, ao imprevisto e à imprevisibilidade da ação docente, à solução de problemas que têm em seu contexto vários fatores motivadores e não uma única e exclusiva explicação e solução: “[...] O proposto que aqui se manipula é que o conhecimento pedagógico disponível dirige a prática, proporcionando os meios para reconhecer os problemas e solucioná-los” (CONTRERAS, 2002, p. 97).

Na esfera pedagógica, a grande limitação desse modelo de formação está justamente em pensar a prática como mera forma de aplicação. Nele, “a actividade do profissional é sobretudo instrumental, dirigida para a solução de problemas mediante a aplicação rigorosa de teorias e técnicas científicas” (PÉREZ-GÓMEZ, 1992, p. 96).

O ensino nessa perspectiva tecnicista desenvolve-se com base no modelo de transmissão-recepção, em que a prática educativa é direcionada unicamente para a retenção, de modo semelhante ao que Paulo Freire denomina educação bancária:

A narração, de que o educador é o sujeito, conduz os educandos à memorização mecânica do conteúdo narrado. Mais ainda, a narração os transforma em ‘vasilhas’, em recipientes a serem ‘enchidos’ pelo educador. Quanto mais vá ‘enchendo’ os recipientes com seus ‘depósitos’, tanto melhor educador será. Quanto mais se deixem docilmente ‘encher’, tanto melhores educandos serão.

Desta maneira, a educação se torna um ato de depositar, em que os educandos são os depositários e o educador o depositante.

Em lugar de comunicar-se, o educador faz ‘comunicados’ e depósitos que os educandos, meras incidências, recebem pacientemente, memorizam e repetem. Eis aí a concepção ‘bancária’ da educação, em que a única margem de ação que se oferece aos educandos é a de receberem os depósitos, guardá-los e arquivá-los (FREIRE, 2013, pg. 80-81).

Desta maneira, o ensino se caracteriza pela reprodução de uma ciência desconexa da realidade. O professor não pensa sobre a função social do seu trabalho ou da ciência que ensina. Sua prática é guiada pela transmissão de conteúdo sem que haja indagações. A ciência, sob tal ótica, é concebida como verdade que expressa objetividade da realidade em que foi produzida, sendo, também, elaborada em oposição aos demais tipos de conhecimentos. Já o aluno, não tem nada para relacionar com o que já conhece ou com o contexto social em que vive, na medida em que suas ideias prévias são desprezadas, pois seu conhecimento não tem validade científica. Assim, a marca pedagógica da concepção simplista de docência, sustentada pelo modelo de transmissão-recepção, traz em seu âmago a marca epistemológica empirista/positivista de ciência.

A formação inicial docente em Química, do mesmo modo que outras licenciaturas já inseridas historicamente no campo das ciências específicas, constituiu-se em estrutura curricular alicerçada na dualidade teoria *versus* prática e reforçou a (re)produção dessas marcas.

A exemplo de como tal dualidade foi se estabelecendo nos cursos de Licenciatura em Química, podemos nos reportar ao desenvolvimento da formação de professores de Química na Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras (FFCL) da Universidade de São Paulo (USP) a partir de 1934:

Na FFCL da USP, o estudante cursava 3 anos e recebia o diploma de Licenciado, que não necessariamente tinha o mesmo significado que tem hoje. O termo “Licenciado” referia-se à “licença cultural ou científica” adquirida pelo estudante. A complementação pedagógica poderia ser feita com o Curso de Didática vinculado à seção de educação, nos primeiros tempos no Instituto de Educação e, com a extinção deste, na própria FFCL. Com o curso, o estudante obtinha o diploma de “Professor Secundário” (MESQUITA e SOARES, 2011, p. 167).

Apesar de a FFCL ter sido criada para promover a formação de professores, tal formação não era incentivada (MESQUITA e SOARES, 2011). Nesse sentido, a visão simplista de docência e a conseqüente despreocupação com a formação de professores foi tendo sua reafirmação histórica. Num levantamento realizado por Beisiegel e citado por Schnetzler (2002), dos 316 formados pelo Departamento de Química da FFCL na USP -

primeiro centro de formação de químicos no Brasil - entre 1937 e 1965, somente 38 (12%) dirigiram-se ao magistério, o que denota um histórico desprestígio no meio acadêmico-científico no que se refere à docência.

O currículo mínimo específico para a licenciatura na FFCL da USP só é regulamentado em 1962 com aprovação pelo Conselho Federal de Educação, o que culmina na organização da Licenciatura em Química separada do curso de Química Industrial. Cabe ressaltar que no período de criação de tais cursos, ainda nos idos de 1930, não havia uma legislação própria para a formação de professores (MESQUITA e SOARES, 2011). A primeira diretriz nacional que tratava da formação de professores no Brasil para as escolas secundárias é regulamentada como Decreto-Lei nº 8,530/1946, quatorze anos depois à reivindicação do Manifesto dos Pioneiros da Educação Nova em 1932:

A preparação dos professores como se vê, é tratada entre nós, de maneira diferente, quando não é inteiramente descuidada, como se a função educacional, de todas as funções públicas a mais importante, fosse a única para cujo exercício não houvesse necessidade de qualquer preparação profissional. Todos os professores, de todos os graus, cuja preparação geral se adquirirá nos estabelecimentos de ensino secundário, devem, no entanto, formar seu espírito pedagógico conjuntamente, nos cursos universitários, em faculdades ou escolas normaes, elevadas ao nível superior e incorporadas às universidades (AZEVEDO et al, 1932/1984).

Apesar da evidenciada preocupação com a formação do *espírito pedagógico*, neste princípio das licenciaturas denota-se, de modo geral, a organização curricular voltada para a formação de profissionais do campo científico por meio da instrumentalização e não do domínio conceitual. Assim como caracteriza Schnetzler (2008) e em similaridade à organização da formação de professores de Química na FFCL da USP, os cursos de licenciatura em química no Brasil vão se organizando segundo o modelo da racionalidade técnica.

Mesmo com aquela regulamentação de 1962, assim como destacam Mesquita e Soares (2011), a reestruturação curricular visando a incorporação de disciplinas pedagógicas ocorre de forma tardia. A exemplo, o curso de licenciatura em Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro só ofereceu disciplinas pedagógicas no currículo em 1993. Deste modo, é perpetuado por mais de 60 anos o modelo 3+1 inaugurado na Faculdade Nacional de Filosofia da antiga Universidade do Brasil, ainda na década de 30.

Após esse período inicial de construção dos cursos de formação de professores, a visão simplista da docência foi alimentada ainda mais durante o regime militar em nosso país (1964-1982). O regime ditatorial realizou profundas intervenções na educação

superior, inspirado pela orientação norte-americana, que culminou na despolitização da educação e na ênfase à lógica instrumental e tecnicista do conhecimento pedagógico (CUNHA, 2010).

Deste modo, a organização dos cursos de formação tal qual foi apontada, contribuiu para a separação entre teoria e prática. Nessa lógica de pensamento, o aluno não constrói a concepção de tomar a prática como ponto de partida da teoria. Assim como indica Cunha (2010c, p. 137): “O estudante não faz a leitura da prática como ponto de partida para a construção da dúvida epistemológica”. Uma formação que não integra tais disciplinas promove a leitura positivista de que a teoria, enquanto referência para a prática, deve ser reproduzida em situações concretas.

Essa dicotomia entre teoria e prática começa a ser enfrentada na esfera normativa, a partir dos anos 2000 com os pareceres para formação de professores do Conselho Nacional de Educação (CNE): CNE/CP nº 9 e CNE/CP nº 28 publicadas em 2001 e as resoluções CNE/CP nº 1 e CNE/CP nº 2 publicadas em 2002. Estes documentos trazem orientações para a construção e reformulação dos cursos de licenciatura nas instituições de ensino superior brasileiras indicando dois aspectos importantes: i) instituem a duração e a carga horária dos cursos de licenciatura de, no mínimo, 2.800 horas e ii) distribuem essa carga horária em 400 horas de prática como componente curricular, 400 horas de estágio curricular supervisionado, 1.800 horas para os conteúdos curriculares de natureza científico-cultural e 200 horas de atividades acadêmico-científico-culturais.

Além dessas legislações gerais, em termos específicos, a formação inicial de professores de Química conta com duas normativas que se somam às citadas anteriormente: as Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química, parecer CNE/CES n.º 1.303 de 2001 (BRASIL, 2001) e a resolução CNE/CES nº 8 de 2002, as quais, contribuem para o mesmo entendimento das já citadas (BRASIL, 2002).

Mais tarde, a Resolução CNE/CP 2/2015 ampliou a carga horária mínima para 3.200 horas, das quais são divididas em: 400 horas de prática como componente curricular; 400 horas de estágio supervisionado; 2.200 horas de atividades formativas; conforme o projeto de curso da instituição e 200 horas de atividades teórico-práticas de aprofundamento em áreas específicas de interesse dos estudantes.

Segundo Dourado (2015), a resolução nº 2, de 2015, consolidou as diretrizes anteriores e trouxe novos direcionamentos para a formação inicial em nível superior, reafirmando e enfatizando as dimensões éticas, políticas e técnicas da profissão docente,

que devem ser desenvolvidas por meio de sólida formação. Essa formação exigirá, portanto, o entrelaçamento das contribuições educacionais, psicológicas, sociais e políticas aos cursos de licenciatura de forma mais articulada e menos compartimentada como historicamente os cursos de licenciatura têm proporcionado. Ainda sobre tal legislatura, ressaltamos que embora ela revogue a lei anterior do ano de 2002, sua implementação está suspensa até julho de 2019.

Embora exista esse avanço significativo em termos legais, estudos recentes ainda têm apontado a resistência de problemas históricos entre teoria e prática, mesmo com a reestruturação dos cursos promovidas pelo respaldo normativo (KASSEBOEHMER e FERREIRA, 2008; FRANCISCO JUNIOR, PETERNELE e YAMASHITA, 2008; MASSENA, 2015; SANTOS e FONSECA, 2016; BEGO, CASTRO e CORRÊA, 2017; LESSA e SOUZA, 2017; entre outros). Esses trabalhos revelam avanços relevantes nas práticas formativas de professores que contribuem para minar o modelo tão criticado da racionalidade técnica, mas ainda presente conforme ressaltam Lessa e Souza (2017) ao analisarem as diretrizes curriculares do curso de Licenciatura em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano. Deste modo, ainda são desafios de suplantar a visão positivista de ciência e a visão simplista de docência nas práticas formativas.

Ainda em se tratando dos cursos de licenciatura em Química, outro dado revelador reside no crescimento do número de cursos ao longo dos anos. A promulgação da LDB 9.394/96 - Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional de 1996 foi o que contribuiu significativamente para sua expansão, uma vez que definiu como requisito mínimo a formação em licenciatura plena para exercício do magistério na educação básica. Como exemplo, podemos citar o estado de Goiás que até 1996, segundo Mesquita, Cardoso e Soares (2013), tinha apenas um curso de licenciatura em Química que era oferecido pela Universidade Federal de Goiás e, atualmente, este curso é ofertado em 19 instituições de ensino superior, dentre as quais, 15 são instituições públicas (entre universidades e institutos federais) e 4 são privadas.

Se até 1965 tínhamos apenas 13 cursos de licenciatura em Química no Brasil e em 1990 existiam 61, atualmente contamos com 380 cursos presenciais (SOARES, MESQUITA e REZENDE, 2017). Embora tal crescimento quantitativo seja significativo, é preciso indagar acerca da qualidade dos mesmos. Mesquita, Cardoso e Soares (2013) apontam para o fato de que o crescimento dos cursos de licenciatura dá-se, principalmente,

por meio da criação de Institutos Federais. Só entre 2008 e 2011 foram criados 43 cursos de licenciatura em Química no Brasil por meio desses institutos.

Entretanto, mesmo voltados à formação docente, estes cursos têm em sua constituição ideais para a formação de profissionais das áreas de tecnologia ou específicas. Ademais, por não termos educadores químicos suficientes para os cursos já existentes, com a expansão da criação de licenciaturas a situação se agrava, pois, na ausência de um educador químico, disciplinas de natureza pedagógica ficam sob a responsabilidade de professores das demais áreas da Química, que podem até se armar do esforço necessário e compor iniciativas bem-intencionadas, mas não possuem a formação necessária (MESQUISA, CARDOSO e SOARES, 2013; SOARES, MESQUITA e REZENDE, 2017).

Nesse sentido, mesmo com os avanços promovidos pela LDB de 1996, das novas diretrizes curriculares para os cursos de formação de professores a partir de 2001 e das pesquisas sobre ensino superior, principalmente, a partir dos anos 2000⁴, os cursos de formação de professores não conseguem superar o desafio até aqui evidenciado: a integração de disciplinas pedagógicas e específicas que promovesse concepções mais adequadas de docência e de ciência.

Para ampliar esse exercício de compreender a resistência à mudança nas práticas formativas dos cursos de licenciatura, recorreremos à conceitos bourdieusianos, com o objetivo de problematizar a formação inicial docente em Química como um espaço de luta de forças dentro do campo científico. Isto posto, a análise à luz dos conceitos de *campo* e *habitus* de Bourdieu, pode nos auxiliar a entender porque o *campo* da química não é mantido nem pela formação de professores, tampouco pela docência⁵.

Por *campo*, podemos considerar o modo como Bourdieu pensa a organização da sociedade: constituída por campos sociais, os quais são oriundos da divisão social de trabalho. Em sua conferência *Os usos sociais da ciência*, conceitua *campo* como: “o universo no qual estão inseridos os agentes e as instituições que produzem, reproduzem ou difundem a arte, a literatura ou a ciência. Esse universo é um mundo social como os outros, mas que obedece a leis sociais mais ou menos específicas” (BOURDIEU, 2004, p. 20).

Nesse sentido, podemos considerar os vários campos enquanto espaços

⁴ Schnetzler (2012) destaca que somente a partir dos anos 2000 intensificaram-se as investigações sobre a formação do químico para além da discussão que se limitava apenas às disciplinas de práticas pedagógicas e estágio no ensino superior.

⁵ Uma análise mais ampla desse tema pode ser encontrada no artigo SCHNETZLER, R. P.; ANTUNES-SOUZA, T. O desenvolvimento da Pesquisa em Educação e o seu reconhecimento no Campo Científico da Química. *Educação Química em Punto de Vista*. v.2, n.1, p.1 – 19, 2018.

relativamente autônomos e que, enquanto um mundo social, são constituídos por relações de forças: “todo campo, o campo científico, por exemplo, é um campo de forças e um campo de lutas para conservar ou transformar esse campo de forças” (2004, p. 23). Assim, o referido autor introduz a questão do poder nas interações sociais e o *campo* caracteriza-se, portanto, como espaço de luta entre os agentes sociais, os quais agem segundo interesses específicos e em função da posição que ocupam no interior do campo: “(...) o campo da ciência se evidencia pelo embate em torno da autoridade científica” (ORTIZ, 1994, p. 19). No campo da Química, tal autoridade se expressa, principalmente, i) pela produção acadêmico-científica publicada em periódicos conceituados; ii) por financiamentos de projetos de investigação; iii) por títulos acadêmicos obtidos; iv) por cargos e funções exercidos na comunidade; e v) pelo reconhecimento de seus pares na comunidade científica.

Outra característica do *campo*, enquanto espaço em que se manifestam forças de poder, é a desigual distribuição de capital científico, o qual determina não só as posições ocupadas pelos agentes sociais, como suas ações ou estratégias. Consequentemente, os que ocupam o espaço de dominação desenvolvem práticas de reprodução/conservação de seu capital social:

O que está em jogo especificamente nesta luta é o monopólio da *autoridade científica* definida, de maneira inseparável, como capacidade técnica e poder social; ou, se quisermos, o monopólio da *competência científica*, compreendida enquanto capacidade de falar e de agir legitimamente (BOURDIEU, 1994, p. 123 – grifos do autor).

Por isso, toda escolha científica no que se refere, por exemplo, ao objeto e problema de pesquisa a serem considerados, à concepção de ciência ou às escolhas metodológicas são estratégias que visam a manutenção de capital científico. Deste modo, concordamos com Chassot (2014) quando advoga que na área de Educação Química, distintamente das demais áreas da Química, os educadores químicos precisam lutar mais pelo reconhecimento interno (junto à comunidade dos químicos) do que externo (principalmente dos agentes financiadores de pesquisa). Para o autor, o reconhecimento interno tem sido mais difícil de ser conquistado e esse fato apresenta-se de forma paradoxal, pois “a área de Educação Química pode (e deve) oferecer contribuições para as demais áreas da Química (que por si só não resolvem seus problemas de ensino) e usualmente não tem, destas o reconhecimento. Esse é o grande desafio” (CHASSOT, 2014, p. 56).

Nesse contexto, pode-se compreender, por exemplo, o porquê de concepções empiristas/positivistas da Ciência identificadas e criticadas pelas pesquisas no início dos

anos 80 perdurarem nos cursos de licenciatura em Química. Afinal, a formação voltada à bacharéis tem como característica a valorização da aprendizagem instrumental, ignorando problematizações no âmbito dos processos de ensino-aprendizagem. Sobre esse aspecto, destacamos o levantamento realizado por Schnetzler (2002) de artigos publicados na revista Química Nova entre os anos de 1978 a 2001. Segundo a autora, os artigos dirigidos às áreas específicas da Química que traziam propostas de atividades experimentais, limitavam-se a discutir os dados da prática, sem fazer referência aos aspectos relativos aos processos de ensino-aprendizagem ligados às propostas. A autora aponta: “Quando referências a tal processo são feitas, restringem-se a conclusões genéricas sobre melhorias na aprendizagem dos alunos sem, no entanto, incluir e discutir dados que as suportem” (SCHNETZLER, 2002, p. 18).

Implícita nessa concepção de ensino-aprendizagem está a visão simplista de docência, uma marca ainda bastante resistente nos cursos de formação. Os modos como essa concepção, própria da cientificidade, se expressa nas práticas dos professores pode ser exemplificado quando nos remetemos aos resultados do trabalho de Schnetzler, Nieves e Campos (2007). Nesta investigação, os autores procuram identificar se e como práticas docentes de professores de química manifestavam as tendências de ensino desenvolvidas ao longo dos anos de formação da área de pesquisa em Educação Química. Um dos resultados foi a constatação de distorções de contribuições daquela área. Segundo os autores, os sujeitos de pesquisa identificavam-se como não adeptos do modelo tradicional por se preocuparem em conhecer as ideias prévias de seus alunos e por considerarem importante a abordagem de conteúdos no cotidiano. Porém, na prática, os professores pesquisados não levavam em consideração as ideias apresentadas pelos alunos em seu ensino e ofereciam exemplos limitados de aplicação de conceitos químicos na vida cotidiana. Tal constatação foi denominada pelos autores de “novas roupagens” do ensino tradicional: “[...] basta questionar os alunos, sem levar em conta suas respostas e dar alguns exemplos de conceitos químicos em coisas caseiras, que os futuros professores se livrarão da pecha de serem tradicionais!” (SCHNETZLER, NIEVES & CAMPOS, 2007, p. 7-8)

Essa constatação respalda as críticas que Krasilchik (2000) tece a respeito, por exemplo, das limitações da proposta construtivista em se efetivar em um ambiente no qual a tradicional voz professoral, estabelecida no ensino por transmissão-recepção, impede o debate de diferentes ideias. Para além das próprias condições de trabalho que não oferecem um ambiente que amplie as possibilidades da leitura, exposição e cópia de textos, Krasilchik

(2000) cita a distância entre aquela proposta construtivista dos anos 80/90 e as representações sociais que imperam entre professores e alunos:

O docente é a autoridade que não corre o risco de ser questionada, ou que se permita ouvir diferentes questões. Se por um lado, esse papel autoritário é prejudicial, o outro extremo cada vez mais freqüente por força do refrão de que o “aluno constrói seu próprio conhecimento” leva o professor a abdicar de sua função de orientador do aprendiz (KRASILCHIK, 2000, p.88).

Reforça, também, aquela crítica de Mortimer (1996) anteriormente apresentada, ao evidenciar a não clareza dos professores sobre as características do “construtivismo” e revela lacunas na formação inicial que promovem ideias superficiais sobre os processos de ensino-aprendizagem.

Por isso, consideramos que “os estudantes criticam, com razão, desde a falta de didática da maioria dos professores da graduação, passando pela dicotomia das aulas práticas e teóricas, até a falta de transparência dos conteúdos de Química para o ensino secundário e elementar” (MALDANER, 2000, p. 49). Diante do desenvolvimento da área de pesquisa em Educação Química e pensando sobre o modo como as concepções de ensino-aprendizagem têm se constituído nos cursos de Licenciatura, deparamo-nos com ambigüidades. Isso ocorre porque o *campo* vai se configurando enquanto um espaço de estruturas objetivas determinadas pelo *habitus* próprio ao campo, com a prevalência da formação de bacharéis para dar continuidade à realização de pesquisas em Química como estratégia de manutenção e de reprodução do campo científico.

Bourdieu conceitua o *habitus* em termos de *modus operandi* que orienta e organiza a prática científica e funciona segundo um estado prático, uma rotina de determinado *campo*. Ao discutir tal conceito em *A gênese dos conceitos de habitus e de campo*, o autor revela sua intencionalidade ao se referir a outros estudiosos que também utilizaram o termo *habitus* (tais como Hegel, Husserl e Merleau-Ponty) afirmando que “parece-me, com efeito que, em todos os casos, os utilizadores da palavra *habitus* se inspiravam numa intenção teórica próxima a minha, que era a de sair da filosofia da consciência sem anular o agente na sua verdade de operador prático de construções do objeto” (BOURDIEU, 2010, p. 62). Tal termo, neste sentido, está relacionado aos conhecimentos que vão sendo adquiridos e incorporados como *habitus*, tendo, assim como destaca Bonnewitz (2003), um papel central na sociologia bourdieusiana, pois está na base da reprodução da ordem social.

O *habitus* permite, primeiro, compreender o homem como um ser social, na medida em que sua personalidade vai se constituindo na e pela filiação a uma classe social: “[...] o

habitus produz uma exteriorização da interiorização[...] O *habitus* de classe tem assim como consequência o fato de que os agentes se comportam de tal maneira que as relações objetivas entre as classes se perpetuem (BONNEWITZ, 2003, p. 88). Segundo, possibilita entender a lógica das práticas individuais e coletivas - o jogo social – o que nos permite agir em distintos campos, afinal, sendo o *habitus* um “produto de filiação social, ele se estrutura também em relação com um campo” (BONNEWITZ, 2003, p. 84).

Com base nesses pressupostos, destacamos que o professor de Química em sua esfera de atuação profissional incorpora o *habitus* próprio de seu trabalho – a docência - e diferentes do *campo* predominante em sua formação. Como qualquer outro *campo* que é entendido por Bourdieu enquanto um espaço conflituoso, a formação de professores de Química vive esse jogo de forças, estando inserida no campo científico – dos químicos e da Química -, pois torna-se espaço de luta entre os diferentes agentes que o compõe. Em certa medida, como pondera Bourdieu, tais agentes sociais – e aqui estamos considerando os profissionais da educação química - não são unicamente passivos às forças do *campo*. Ao adquirirmos o *habitus* que se inscreve fora de nosso *campo*, podemos criar estratégias de subversão a fim de adequar a estrutura do *campo* às nossas disposições:

Eles [os agentes sociais] têm disposições adquiridas [...] que chamo de *habitus*, isto é, maneiras de ser permanentes, duráveis, que podem em particular, leva-los a resistir, a opor-se às forças do campo. Aqueles que adquirem, longe do campo em que se inscrevem, as disposições que não são aquelas que esse campo exige, arriscam-se, por exemplo, a estar sempre defasados, deslocados [...] Mas eles podem também lutar com as forças do campo, resistir-lhe e, em vez de submeter suas disposições às estruturas, tentam modificar as estruturas em razão de suas disposições, para conformá-las às suas disposições (BOURDIEU, 2004, p. 28-29).

Esta resistência à estrutura do *campo* é denominada por Bourdieu como “infinitamente mais custosa e arriscada”, pois ao ser promovida em contramão à lógica do campo, empenha-se em uma tarefa de “vencer os dominantes em seu próprio jogo”, o que pressupõe investimentos sem resultados significativos à curto prazo (Bourdieu, 1994). Isso explica, portanto, a convivência de diferentes concepções de ensino e de docência ainda vigentes, atualmente, no campo universitário da Química, pois, segundo Ortiz (1994), aqueles que estão na esfera dos dominados procuram manifestar sua oposição por meio de estratégias de subversão e esse confronto envolve estratégias regidas pelos mesmos princípios que fundamentam o campo.

Dessa forma, ao adotarmos o mesmo *habitus* químico que valoriza pesquisas, publicações, reuniões científicas, financiamento de projetos, formação de novos quadros e

titulações acadêmicas, só que centradas em outro objeto de estudo e de investigação – melhoria dos processos de ensino-aprendizagem e formação docente em Química – estávamos e estamos utilizando “estratégias de subversão” para promover a nova área de Educação Química no campo da Química.

Por isso, as conquistas da área em Educação Química já elencadas e as novas propostas de formação de professores representam tais estratégias de subversão das forças dentro do campo científico a fim de que possamos legitimar a docência como uma atividade complexa que envolve outros aspectos além do domínio específico da Química. Deste modo, destacamos, assim como distingue Maldaner (2008) o conhecimento específico que constitui o educador químico do conhecimento que constitui um químico. Para o autor, o primeiro é mais complexo, porque abrange conhecimentos de químico e de educador e tenciona a relação ciência e sociedade nas práticas de ensino e aprendizagem para formação de novas gerações que reconheçam o significado da ciência para o desenvolvimento da humanidade e: “Isso é algo muito mais amplo do que a identificação e interpretação de símbolos químicos e, mesmo, do que o saber técnico de produzir e transformar materiais” (MALDANER, 2008, p. 270).

Todavia, apesar dessa distinção de conhecimentos, a formação de professores é dominada pela tradição científicista que promove a apropriação de *habitus*, tal como o exposto por Schnetzler ao se referir a uma lembrança de sua formação inicial:

[...] lembro-me bem de um episódio vivido por mim em uma aula experimental, quando eu realizava uma destilação a vapor. Sentada no meu banquinho e ocupada em controlar a temperatura... sempre checando o termômetro... de repente escuto uma pergunta irrompendo o silêncio do ambiente: - Como está? Mais que depressa dirigi-me, respeitosamente, à professora [...] -Bem, e a senhora? Ao que ela, com voz seca e cenho franzido, retrucou sem levar-me em conta: - Você não! A experiência!!! (SCHNETZLER, 2012, p.103)

Componentes do *habitus* como este, evidenciam uma formação arraigada na razão instrumental que está bastante preocupada com a estruturação do conhecimento científico tal como ele se desenvolve no âmbito do campo dos cientistas. O que valoriza outra marca fortemente presente, a qual fomenta a ideia de que é o conhecimento científico resumido que chega às escolas e não um conhecimento reelaborado/escolarizado.

Nesse sentido, entendemos que o ensino de química requer exigências que o campo científico – da química e dos químicos - não consegue, sozinho, promover. Não estamos negando, com este pensamento, que o domínio do conteúdo químico não seja condição/requisito para se ensinar química nas escolas, entretanto, não é a única. Ser

professor de Química nos insere numa identidade profissional, diferente da identidade do profissional químico. O professor não lida apenas com interações atômico-moleculares e instrumentos de laboratório, assim como fazem os químicos. Nós, educadores químicos, lidamos com interações de pessoas e com o dinamismo do conhecimento na escola, isto é, nosso trabalho é marcado por interações humanas e sociais (MALDANER, 2000; 2008; SCHNETZLER, 2008; CHASSOT, 2014).

Assim, justifica-se a atualidade de se investigar sobre *o que, como e porque* ensinar Química enquanto foco das pesquisas desse campo de estudo, marcado pela especificidade do conhecimento químico, o qual está na raiz dos problemas de ensino e de aprendizagem investigados. A partir dessa leitura tecida sobre o que tem sido valorizado durante o desenvolvimento dos cursos de Licenciatura em Química no Brasil é que discutimos, a partir do próximo capítulo, possíveis alternativas didáticas para a superação das marcas pedagógicas e epistemológicas aqui caracterizadas.

Capítulo 2 – Alternativas didáticas às marcas pedagógicas e epistemológica na formação inicial de professores de Química

No capítulo anterior nosso propósito foi o de analisar as marcas pedagógicas e epistemológicas que têm sido reproduzidas na formação inicial de professores de Química. Neste, nosso objetivo centra-se em discutir alternativas didáticas apresentadas àquelas marcas explicitadas no capítulo anterior. Nesse sentido, justificamos a atualidade e a importância de se analisar o papel da experimentação no ensino de Química, visando a promoção de articulações entre os três níveis de conhecimentos químicos. Para tanto, introduzimos discussões de cunho de pedagógico e epistemológico concernentes à formação de um professor pesquisador.

2.1. Repensando a formação de professores de Química

Na estratégia formativa que serviu de pano de fundo para a construção desta pesquisa, *o fio condutor das atividades propostas estava na articulação concreto-abstrato* para o ensino de conteúdos químicos escolares. Essa preocupação se justifica na medida em que concordamos com Johnstone, ao afirmar que

A maioria das coisas que encontramos no mundo, e sobre o qual formamos muitos de nossos conceitos, são macroscópicas na natureza. Mesmo as ideias mais abstratas, como "amor" ou "justiça" são feitas mais tangíveis por referência a exemplos reais. [...]
Mas a química, para ser melhor compreendida, tem que passar para a situação microscópica em que o comportamento das substâncias é interpretado em termos do invisível e molecular e gravado em alguma linguagem de representação e notação. Isto é, ao mesmo tempo, o que é a força de nossa disciplina como atividade intelectual, é a fraqueza de nossa disciplina quando tentamos ensiná-la, ou o mais importante, quando os estudantes tentam aprendê-la (JOHNSTONE, 2000, p. 11 – tradução minha).

Queremos, com esse excerto, reafirmar a importância e o desafio permanente para os professores no que se refere ao desenvolvimento do pensamento abstrato. Desse modo, reafirmamos o entendimento de que ensinar ciências requer introduzir os alunos numa nova cultura e pressupõe a elaboração de conceitos essencialmente abstratos (SCHNETZLER,

2010). Acerca de tal proposição para o ensino médio de Química, Schnetzler (2010, p. 65-66) assinala:

Os construtos teóricos da Ciência, que são produtos de elaboração e criação humana, e que permitem explicar, interpretar e prever fenômenos, não provêm diretamente da observação e são, portanto, pouco prováveis de ser elaborados pelos alunos sozinhos. [...] Este modo de “ver” contra-intuitivo que caracteriza o pensamento químico torna-se, então, uma tarefa crucial do professor de Química.

Assim, tal ensino se justifica pela sua importante contribuição para a formação cultural dos alunos, bem como para a constituição e desenvolvimento do pensamento abstrato (SCHNETZLER, 2010). Por isso, a ênfase na elaboração de um pensamento químico, eminentemente abstrato e altamente imaginativo, a partir de articulações entre os três níveis do conhecimento químico (fenomenológico, representacional e teórico-conceitual) tem merecido nossa atenção quando consideramos a existência de abordagens que ficam restritas ao desenvolvimento de um raciocínio pautado da visão empírico-concreto dos fenômenos.

A natureza do conhecimento científico nessas abordagens restritas aos aspectos macroscópicos apresenta uma tendência empirista/positivista de experimentação já criticada por inúmeros trabalhos de pesquisa em Educação Química. 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, 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 (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. As ideias são representações que emanam das impressões e estão na memória ou imaginação como cópias modificadas da experiência sensível, portanto menos fortes e vivas. Nessa distinção reside seu primeiro princípio fundamental: “todas as nossas ideias

ou percepções mais fracas são cópias de nossas impressões ou percepções mais vivas” (HUME, 1996, p. 37).

As ideias, nessa perspectiva, surgem quando refletimos ou pensamos sobre uma impressão, portanto são imagens fracas de suas respectivas impressões, não sendo, portanto, inatas como defendiam os cartesianos. Nesse sentido, podemos inferir que o pensamento humano possuiria seus limites nas fronteiras da experiência e que o nosso poder criador estaria associado à capacidade de combinar, transpor, aumentar ou diminuir aquilo que os sentidos nos oferecem: “quando pensamos numa montanha de ouro, apenas unimos duas ideias compatíveis, ouro e montanha, que outrora conhecemos” (HUME, 1996, p. 36).

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 confundir-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, 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, 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. Mas pode a imaginação operar a esmo? A imaginação não é uma faculdade

inteiramente livre, é a associação de ideias que confere à imaginação certa regularidade e constância. As ideias, segundo Hume, podem ser associadas por semelhança, contiguidade e causalidade:

Que estes princípios servem para ligar ideias, não será, creio eu, muito duvidoso. Um quadro conduz naturalmente nossos pensamentos para o original [semelhança]; quando se menciona um apartamento de um edifício, naturalmente se introduz uma investigação ou uma conversa acerca dos outros [contiguidade]; e se pensarmos acerca de um ferimento, quase que não podemos furtar-nos a refletir sobre a dor que o acompanha [causalidade] (HUME, 1996, p. 41).

Destacamos a ideia de causalidade por esta desempenhar importante papel, na medida em que, por meio dela podemos ultrapassar o âmbito dos dados imediatos dos sentidos e da memória. A causalidade, ao contrário do pensamento racionalista, não tem uma relação intrínseca/necessária entre causa e efeito. 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, 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 ferimento é a causa da dor e que a dor é o efeito do ferimento.

No que tange ao positivismo, como nos diz Comte (1978) 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, 1978, 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, 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 por meio daquele ensino por descoberta iniciado nos anos 60-70. 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, para ensinar e aprender Química não é suficiente a capacidade de decifrar seus códigos e conceitos. É importante compreender o tipo de pensamento desta área de conhecimento e suas singularidades metodológicas de produção. Os problemas de ensino vão mais além daquela capacidade de decifração, surgindo, assim, a necessidade de compreendermos os aspectos epistemológicos e sociológicos associados ao problema educacional de uma forma mais ampla (MALDANER, 2000; LOPES, 2007; SCHNETZLER, 2010).

Outra característica importante relacionada à produção de conhecimento químico escolar nas salas de aula é a linguagem, que não pode ser concebida apenas como veículo de transmissão de conteúdo. É necessário, também, considerá-la como elemento constitutivo da apropriação de novas formas de pensar e de processos de significação:

aula de ciências é espaço de construção do pensamento científico e de (re)elaborações de visões de mundo e, nesse sentido, é espaço de constituição de sujeitos que assumem vozes, perspectivas, posições nesse mundo.

Sujeitos que aprendem várias formas de ver, de conceber e de falar do mundo (MACHADO, 2000, p. 116).

Nesse contexto, o ensino de Química gera novas necessidades, pois, não se trata mais de aprender os mesmos conteúdos científicos dentro da perspectiva da ciência como produtora de verdades que se acumularam ao longo de uma linha linear ascendente do tempo, traduzindo os inúmeros avanços tecnológicos da ciência moderna. Como analisam Maldaner e Zanon (2010, p. 341): “há uma forma escolar de ensinar os conhecimentos científicos e é reconhecida a importância que se dá a esses conhecimentos no contexto social”.

Nesse sentido, o estudo epistemológico sobre a ciência que se aprende e ensina se justifica na medida em que o professor, bem como suas ações, são um reflexo da sua visão de ciência. Nesta mesma linha de pensamento, Maldaner (2000, p. 65) ressalta as contribuições da reflexão epistemológica tanto na formação inicial quanto na atuação de professores de Química para a ampliação de estudos sobre noções de ciência e sua função social: “Isto porque a epistemologia é uma teoria da ciência que permite a argumentação entre vários sujeitos sobre um mesmo campo de conhecimentos”.

O ensino de ciências ainda tem carência de um debate teórico sobre o verdadeiro sentido da ciência para a humanidade, para o entendimento da realidade e sua transformação. Em consonância ao pensamento de Maldaner (2000, p. 392) e, no que se refere à formação docente inicial em Química, concordamos com a proposição de que “A primeira ruptura é, sem dúvida, epistemológica! ”. Conceber a ciência como elaboração neutra que expressa a verdade da realidade em que foi produzida, reforça a concepção 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. 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).

Nossos cursos de licenciatura precisam formar professores conscientes do seu papel social e capazes de abordar com outros aspectos da docência que a racionalidade técnica

não consegue lidar. Afinal, o ensino de química não pode e não deve se garantir na transmissão passiva de “verdades” científicas, tal qual discutido no capítulo anterior. A grande limitação daquele modelo de formação está justamente em pensar a prática como mera forma de aplicação de modelos, teoria e procedimentos aprendidos em disciplinas, sendo incapaz de pressupor soluções para problemas que estão diretamente relacionados à incerteza, ao imprevisto e à imprevisibilidade características da ação docente.

Muitos pesquisadores têm se debruçado no estudo sobre a formação de professores (CONTRERAS, 2002; PÉREZ-GÓMEZ, 1992; SCHÖN, 1992; ZEICHNER, 1993; MALDANER, 2000, 2008, 2014; SCHNETZLER, 2004, 2008, 2012; ECHEVERRIA e ZANON, 2010; NERY e MALDANER, 2014; MASSENA, 2015; ALMEIDA e MESQUITA, 2017; BEGO, OLIVEIRA e CORRÊA, 2017; entre outros), os quais indicam a necessidade da pesquisa sobre a própria prática pedagógica. A prática do professorado, por meio da reflexão sobre ela, pode ser entendida como um processo de investigação, em que o professor se coloca no papel de produtor de conhecimento. Assim, são enfatizadas tais atitudes que deveriam estar em equilíbrio entre a reflexão e a rotina, entre o agir e o pensar. Zeichner (1993), apoiando-se em Dewey, afirma que o professor reflexivo é aquele que, em sua prática, leva em consideração suas crenças e valores e que pensa nas consequências do seu fazer docente:

Dewey definiu a ação reflexiva como sendo uma ação que implica uma consideração activa, persistente e cuidadosa daquilo em que se acredita ou que se pratica, à luz dos motivos que a justificam e das consequências a que conduz. Segundo Dewey, a reflexão não consiste em um conjunto de passos ou procedimentos específicos a serem usados pelo professor. Pelo contrário, é uma maneira de encarar e responder ao problema, uma maneira de ser professor. A ação reflexiva é um processo que implica mais do que a busca de soluções lógicas e racionais para os problemas. A reflexão implica a intuição, emoção e paixão; não é, portanto, nenhum conjunto de técnicas que possa ser empacotado e ensinado aos professores, como alguns tentaram fazer (ZEICHNER, 1993, p. 18)

Em vista disto, o professor reflexivo é aquele que, em um primeiro momento, se pergunta: *por que faço o que estou fazendo na sala de aula?* - ou seja, quais são os motivos que o levam a determinadas decisões, atitudes e posturas em sua prática, e nesse contexto, torna-se importante associar tais ações às suas próprias concepções pessoais: *será que eu acredito no que eu faço?* Num segundo instante, em uma atitude de responsabilidade, começa a se perguntar para que faz, isto é, quais as consequências de determinada ação, de modo a ultrapassar o utilitarismo imediato, o que implica pensar em três consequências: pessoais (efeito do seu ensino nos autoconceitos dos alunos), acadêmicas (efeito do ensino

no desenvolvimento intelectual dos alunos) e políticos (efeito do ensino na vida dos alunos). E, completando este ciclo, surge uma terceira atitude, a reflexão, o que sugere o exame destas questões (ZEICHNER, 1993).

Nessa perspectiva, concordamos com Chassot (2014) ao caracterizar o educador químico como profissional que possui formação em Química e que pode (e deve) fazer educação por meio dessa ciência, ensinando e/ou pesquisando para aperfeiçoar esse fazer educação. Ademais, segundo o autor: “O professor ou a professora de Química, mesmo que não vinculados a um grupo de pesquisa, mas que fazem de sua sala de aula um laboratório buscando aprimorar sua ação docente, são educadores químicos” (CHASSOT, 2014, p.54).

Dessa forma, o professor ao pensar/refletir sobre suas atividades no cotidiano pode teorizar sua prática e, portanto, produzir conhecimento - *teoria prática dos professores*, pois, ao refletir sobre sua própria prática, o professor transforma-se em um investigador na sala de aula e produz saberes pedagógicos. Esses saberes constituem uma nova epistemologia, porque exigem a reflexão sobre os problemas da prática e envolve o planejamento, a implementação e a avaliação de novas reformulações da mesma (SCHNETZLER, 2000).

Ao pensar esse novo *habitus* de investigação da própria prática na formação de professores, podemos destacar a necessidade de se trazer para os currículos de formação o conhecimento pedagógico articulado à docência, original em cada situação de ensino, assim como ressalta Maldaner (2014, p. 39):

a necessidade de qualquer professor de pesquisar o conhecimento próprio de ensinar, de estabelecer relação com a prática pedagógica [...] Esta envolve a situação problemática do aqui e agora do fazer docência e atenta para o que acontece, visando a modificar uma situação problemática como pode ser sua sala de aula.

Para tanto, nossos cursos de licenciatura precisam enfrentar a tradição do campo científico e se organizarem segundo a lógica do *o que, como, porquê e para quê* ensinar química nas escolas. A atividade docente precisa ser assumida em sua complexidade, enquanto um processo de interação de pessoas, o qual depende do domínio do conteúdo específico e do conteúdo pedagógico primados pela concepção de ensino que pode e deve promover a elaboração de conhecimento químico escolar pelo aluno.

Assim como destaca Galiuzzi (2014, p. 175), aos formadores de professores cabe a responsabilidade de introduzir os futuros professores num campo de pensamento preocupado com a docência, o que exigirá mais do que o domínio do conteúdo a ser ensinado: “é preciso que os professores entendam que é preciso saber o conteúdo a ensinar,

sim, mas esse conteúdo é muito mais amplo do que o conteúdo disciplinar que se trabalha em aula”.

Em nosso entendimento, essa amplitude de ideias é expressa por Shulman (1986) ao explicitar os conhecimentos necessários ao professor. O autor argumenta que tais conhecimentos estão divididos em três tipos: i) o primeiro, *conhecimento de conteúdo*, refere-se ao conteúdo específico da área de conhecimento do professor, por exemplo, a Química. Cabe nesse bojo, as áreas próprias da química, isto é, orgânica, inorgânica, físico-química etc.; ii) o segundo, *conhecimento pedagógico de conteúdo*, é o que permite ao professor ensinar o conteúdo específico. Nas palavras do autor, esse conhecimento inclui “maneiras de representação e formulação da disciplina [por exemplo, a química] que a faça compreensível para os outros” (SHULMAN, 1986, p. 9). Nesse sentido, consideramos que esse conhecimento pressupõe o domínio pelo professor de química, por exemplo, de como (re)elaborar conhecimentos químicos em químicos escolares, mediar conceitos, conhecer a função pedagógica da experimentação e ter clareza epistemológica sobre a ciência que ensina; iii) o terceiro, *conhecimento curricular*, remete-se à gama completa dos conteúdos, a relação entre eles, o que se espera ensinar e aprender em cada um deles. Isto é, refere-se ao domínio da articulação entre os conteúdos do programa curricular que serão ensinados e os objetivos que se quer alcançar com seu ensino (SHULMAN, 1986).

Nas palavras de Echeverría, Benite e Soares (2014, p. 30):

Os conhecimentos apontados por Shulman como necessários à formação do professor são um exemplo do esforço intelectual que o docente tem de fazer na compreensão de um corpo de conhecimentos necessários a sua prática pedagógica. Entendemos que esses conhecimentos têm de ser abordados na formação inicial.

Concordamos com o excerto acima citado, na medida em que as questões formativas até aqui problematizadas, manifestam marcas da racionalidade técnica e limitadas no que diz respeito à formação para docência, isto é, à aspectos próprios do ato de ensinar.

Young (2007) em *Para que servem as escolas?* afirma a importância destas para o progresso da sociedade enquanto instituição que promove às novas gerações acesso ao conhecimento acumulado pela humanidade: “[...] sem elas [as escolas], cada geração teria de começar do zero ou, como as sociedades que existiram antes das escolas, permanecer praticamente inalterada durante séculos” (YOUNG, 2007, p. 1288). Tal conhecimento a ser adquirido na escola é denominado por Young como “conhecimento poderoso”, um conhecimento que só é possível ser transmitido dentro dela e que seja capaz, por exemplo,

de “fornecer explicações confiáveis ou novas formas de se pensar a respeito do mundo” (2007, p. 1294).

O conhecimento químico, nesta perspectiva, precisa ser redimensionado com base em outros elementos que vão além das disciplinas específicas da licenciatura e que se inserem em outras áreas de conhecimento, tornando-se importante para os nossos alunos e ganhando o *status* de um conhecimento que só pode ser aprendido na escola:

Ao ver no conhecimento escolar a possibilidade única de acesso a determinado saber, não se pode confundi-lo com outras formas de acesso a conhecimentos. Os conhecimentos escolares podem ser extremamente importantes e de grande interesse na vida das pessoas, com influência em seu bem-estar, qualidade de vida, convivência social, formação política e tudo o que se possa imaginar. Quanto mais se entender que é necessário estender essas possibilidades, mais importante passa a ser a discussão sobre o específico do conhecimento escolar (MALDANER e ZANON, 2010, p. 347).

E essa discussão sobre a especificidade do conhecimento escolar requer o debate teórico sobre o sentido da ciência para a humanidade, na constituição da consciência humana e como a ciência criou as atuais condições de humanidade, além dos seus modos de validação e valoração diferenciados de acordo com o campo científico (MALDANER, 2000).

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 (MALDANER, 2000, LOPES, 2007). Além disso, essa visão científica 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. Assim,

problemas como “a prática extrema da disciplinariedade, a especialização precoce, a fragmentação dentro do conhecimento de uma mesma disciplina, a dissociação do conhecimento escolar da vida cotidiana” (MALDANER, 2000, p. 64) podem ser considerados reflexos do paradigma da razão instrumental associado aos modos de ensinar.

Para tanto, o professor precisa ter acesso, em sua formação, a conhecimentos advindos de outras áreas científicas, tais como a história, sociologia e filosofia das ciências. Mais do que isto, é importante adquirir a capacidade de questionar, em suas raízes epistemológicas, o tipo de ciência que se quer ensinar na escola. A formação, por sua vez, precisa ir além da exclusiva capacitação científica de professores e se organizar segundo a lógica das práticas de ensino e de aprendizagem consideradas no âmbito da ciência, da cultura e da sociedade, tal como advoga Cunha (2010, p. 78): “compreender essa pluralidade de exigências é assumir a docência como ação complexa que requer saberes disciplinares culturais, afetivos, éticos metodológicos, psicológicos, sociológicos e políticos”.

Perante tal desafio formativo é que esta investigação foi desenvolvida por meio da estratégia formativa descrita na Introdução, visando contribuir para o debate sobre a superação das marcas pedagógicas e epistemológicas historicamente constituídas nos cursos de formação de professores de Química.

Maldaner (2000) ressalta que tais marcas têm posto em disparidade a formação profissional específica da formação em conteúdos, não levando em consideração as distinções entre saber um conteúdo da química num contexto laboratorial e num contexto de mediação pedagógica. Isto ocorre porque, em sua formação inicial, os professores provavelmente não tiveram acesso a conhecimentos produzidos sobre o papel da mediação pedagógica nas citadas pesquisas educacionais. Assim,

São as questões pedagógicas que acompanham os conteúdos que estão ausentes e isso leva os professores a negarem a validade de sua formação na graduação, exatamente, naquilo que os cursos de licenciatura de química e de outras áreas mais prezam: *dar uma boa base de conteúdos!* Isso não quer dizer que não saibam o conteúdo específico, mas é a sensação que têm diante de uma dificuldade que é de cunho pedagógico (MALDANER, 2000, p. 45).

Em vista dessa assertiva e estando preocupados com uma formação que enfatize conhecimentos de professor e não apenas de químicos que trabalham em laboratório, a proposição de alternativas didáticas faz-se sustentada num debate pedagógico que visa romper com essa tradição da formação inicial de professores de química.

A partir dessa compreensão de imprevisibilidade dos processos de ensino aprendizagem, bem como da importância de enfrentamento e superação das marcas pedagógicas e epistemológicas de ciência e docência correntes naquela formação é que voltamos nossa atenção à elaboração de guias experimentais investigativos por licenciandos.

Assim, assumindo: i) que está a cargo da escola promover o desenvolvimento do conhecimento historicamente sistematizado no aluno, possibilitando a elaboração de novas interpretações da realidade e ii) o fato de que, sozinho, o aluno não dará um salto qualitativo de pensamento, “lendo” abstratamente a realidade concreta que lhe é apresentada; é que discutimos, na seção seguinte, a importância da experimentação investigativa e da articulação dos três níveis de conhecimento químico na formação inicial de professores de química.

2.2. Experimentações Investigativas e articulações dos três níveis de conhecimentos químicos

Problematizadas as marcas pedagógica e epistemológica do campo da formação de professores de química, apoiamo-nos em Galiazzi e Gonçalves (2004, p. 326) para justificar a atualidade do tema:

Defendemos também a necessidade de discutir a experimentação como artefato pedagógico em cursos de Química, pois alunos e professores têm teorias epistemológicas arraigadas que necessitam ser problematizadas, pois, de maneira geral, são simplistas, cunhadas em uma visão de Ciência neutra, objetiva, progressista e empirista.

A crítica epistemológica já reivindicada revela-se ainda mais potente quando nos remetemos à função pedagógica da experimentação no ensino. 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 IX 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 obrigação de laboratórios equipados para as aulas de ciências em instituições de ensino brasileiras (SILVA, MACHADO e TUNES, 2010). Durante vários anos, desde a década de 30, as atividades experimentais são introduzidas e reintroduzidas no ensino de ciências sob vários enfoques. Mas qual é a sua contribuição para o processo de ensino-aprendizagem? Qual é

o papel de professores e alunos neste processo? É função da experimentação concretizar a teoria?

A pesquisa em ensino de ciências/química vem discutindo sistematicamente a função do trabalho experimental na sala de aula (HODSON, 1994; BARBERÁ e VALDÉS, 1996; SILVA e ZANON, 2000; PRAIA, CACHAPUZ e GIL-PÉREZ, 2002; GALIAZZI e GONÇALVES, 2004; LÔBO, 2012; SOUZA et al, 2013; GONÇALVES e MARQUES, 2016; ANDRADE e VIANA, 2017; entre outros). Na visão desses muitos autores, tal problemática circunscreve-se à formação docente inicial, ou seja, há carência de clareza sobre a função pedagógica da experimentação, sendo urgente a reorientação da noção que os professores têm acerca desta atividade.

Como já destacado, desde aqueles projetos de reforma curricular dos anos 60 citados no capítulo anterior, a relação entre prática e teoria é tratada como comprovativa. Nas palavras de Hodson (1994), no modelo de experimentação guiado pela (re)descoberta, a consequência para os professores foi a de assumirem que se aprende ciências por meio da reprodução de atitudes científicas:

Infelizmente, os cursos Nuffield sobre ciências (e seus homólogos norteamericanos) agravaram essa suposição problemática, ao misturar as visões progressistas centradas em alunos, que colocava ênfase na experiência direta e na aprendizagem mediante a investigação e o descobrimento com antiquadas ideias indutivistas sobre a natureza da ciência e da atividade científica (HODSON, 1994, p. 302).

Assim, enraizou-se a concepção de aula prática como receituário para se chegar a um resultado sabido e pouco se discute, pois, o objetivo é confirmar dados teóricos por meio do resultado experimental correto. Em outras palavras, nessa perspectiva empirista, a possível função problematizadora da experiência se esvai. O objetivo pedagógico dessas atividades é a obtenção do resultado, sem que se reflita sobre, ou análise o seu significado, ou o porquê de ter acontecido em nível atômico-molecular. Como ressaltam Praia, Cachapuz e Gil-Pérez (2002, p. 256), a atividade reduz-se à manipulação de vidrarias e a experiência científica que deveria desde o início estar fundamentada na teoria, só a toma no final do processo para confirmar o experimento, como se fossem teoria e experimento objetos desarticulados.

Em contramão a essa perspectiva inadequada de experimentação, Praia, Cachapuz e Gil-Pérez (2002) apontam que é nos idos da década de 1970 que se iniciam orientações para o desenvolvimento de trabalhos práticos com um viés investigativo. Os autores citam o trabalho de Tamir (1977), o qual atribui à experiência científica escolar outros objetivos:

i) deve ser um meio para explorar as idéias dos alunos e desenvolver a sua compreensão conceptual; ii) deve ser sustentado por uma base teórica prévia informadora e orientadora da análise dos resultados; iii) deve ser delineada pelos alunos para possibilitar um maior controle sobre a sua própria aprendizagem, sobre as suas dificuldades e de refletir sobre o porquê delas, para as ultrapassar (PRAIA, CACHAPUZ e GIL-PÉREZ, 2002, p. 258).

Nessa mesma linha de pensamento, Hodson (1994, p. 305), também se opondo ao trabalho de verificação, argumenta a favor de “menos prática e mais reflexão”, sugerindo uma prática alternativa que implicaria:

i) identificar as ideias e os pontos de vista dos alunos; ii) projetar experiências para explorar tais ideias e pontos de vista; iii) oferecer estímulos para que os alunos desenvolvam, e possivelmente modifiquem, suas ideias e pontos de vista; iv) apoiar as tentativas dos alunos de voltar a pensar e reelaborar suas ideias e pontos de vista.

Podemos notar que tais reorientações vão seguindo a tendência de pesquisa dos anos 80 com práticas construtivistas que enfatizavam o papel ativo do aluno. Deste modo, atividades experimentais investigativas foram sendo propostas com o objetivo de promover a elaboração de ideias científicas e desenvolver habilidades de raciocínio.

Se até o início dos anos 2000, conforme argumentos a partir dos estudos de Hodson (1994) e Praia, Cachapuz e Gil-Pérez (2002), havia forte influência do construtivismo nas propostas de ensino por experimentação, atualmente, as pesquisas têm acompanhado as correntes mais atuais e ligadas, principalmente, às contribuições da abordagem histórico-cultural. Desta forma, em estudos mais recentes, podemos identificar enfoques experimentais que privilegiam o dinamismo das interações verbais de professores e alunos durante as investigações sobre o fenômeno observado (MARCONDES, SOUZA e SUART, 2009; ORNELLAS, PINTO e RABONI, 2010; QUADROS et al, 2015; MOTA et al, 2013; SCHNETZLER, SILVA e ANTUNES-SOUZA, 2016; entre outros). Assim como expresso numa definição de trabalho prático investigativo pelos autores Mota et al (2013, p. 3 – nossos grifos):

A experimentação investigativa favorece a indagação e tomada de consciência de possíveis equívocos a partir de objetos aperfeiçoáveis que permitem produzir evidências e com elas argumentação a favor ou contra o modelo explicitado pelos sujeitos em atividade investigativa. [...] Muitos pensam que o experimento show garante a aprendizagem, mas é na interação, na conversa, na argumentação, no falar sobre o modelo e sobre o fenômeno investigado, com imersão na linguagem que a aprendizagem é favorecida.

Deste modo concebida, a atividade investigativa parte de um problema que incentive os alunos a buscar informações, baseados em conhecimentos científicos já

adquiridos, para solucionar a questão por meio de elaboração de hipóteses, assim como Souza *et al* (2013, p. 14) conceituam:

Além do reconhecimento de fenômenos, as atividades experimentais podem ter um alcance maior na formação do aluno, pois podem ser planejadas para proporcionar a elaboração de conceitos e o desenvolvimento de habilidades de pensamento relacionadas aos processos da ciência. As atividades experimentais de natureza investigativa apresentam essas características pedagógicas.

Como é possível notar, as concepções de experimentação manifestam aquelas tendências de pesquisa tratadas no capítulo anterior. Mesmo com o desenvolvimento de concepções mais atuais da função pedagógica da experimentação - a qual centra seu entendimento nas interações discursivas e elaboração conceitual mediada - a marca epistemológica empirista ainda se faz bastante presente (GALIAZZI e GONÇALVES, 2004; SILVA, MACHADO e TUNES, 2010; LÔBO, 2012; SOUZA *et al*, 2013; GONÇALVES e MARQUES, 2016; ANDRADE e VIANA, 2017). Ainda perdura a visão de relação teoria-prática como via de mão única, no sentido de que a prática comprova a teoria, tal como criticavam Silva e Zanon (2000, p. 121 - grifos das autoras) há quase 20 anos atrás o depoimento de uma professora: “as aulas práticas são importantes para que os alunos *vejam com seus próprios olhos*, para que os alunos *vejam a realidade como ela é*, para que tirem suas próprias conclusões e seus próprios conhecimentos *descobrimo a teoria na prática*”.

Diante disso, revelam-se como indispensáveis trabalhos formativos que problematizem junto com licenciandos as relações teoria \times prática que podem ser estabelecidas durante o trabalho experimental. Afinal, ao considerar a incapacidade de pensarmos abstratamente pelo simples ato de observação, reiteramos que possibilitar o pensamento abstrato do aluno por meio da experimentação exige a mediação do professor que promova um salto qualitativo de pensamento (articulação concreto-abstrato) que, sozinho, o aluno não tem condições de realizar.

Ter aulas experimentais não assegura, por si só, a aprendizagem, tampouco a relação entre teoria e prática. O professor possui um papel indispensável de mediador fazendo intervenções que promovam o desenvolvimento teoricamente orientado do pensamento abstrato: “[...] defendemos que as atividades escolares precisam ser organizadas visando à formação de conceitos e, para isso, o professor deve planejar não só a atividade em si, mas a condução da discussão para que ocorra a evolução conceitual” (QUADROS *et al*, 2015, p. 212). O aluno precisa ter seu papel interativo reafirmado, não se restringindo ao manuseio

de vidrarias e soluções, mas sim na condução do próprio pensamento no que tange à articulação teoria-prática pela mediação do professor. É de fundamental importância o estabelecimento de conexão entre o que estão fazendo (conhecimentos relativos ao procedimento) e o que estão aprendendo (conhecimentos conceituais) (SILVA e ZANON, 2000; QUADROS et al, 2015; SCHNETZLER, SILVA e ANTUNES-SOUZA, 2016).

Por isso, a atividade experimental precisa ser encarada enquanto possibilidade de articulação entre teoria e fenômeno. Todavia, para que se realize de forma adequada, é imprescindível o reconhecimento da relação das teorias científicas com a proposição de explicações para o fenômeno. As teorias científicas foram criadas pelos homens para explicar fenômenos que eram observados a olho nu; visto que a teoria é uma possível explicação, está predisposta a estar errada ou não completa. Nesse sentido, podemos considerá-las como um conjunto de ideias elaboradas na tentativa de explicar fenômenos naturais e de laboratório. Essa explicação é constituída por meio de conceitos científicos, que se caracterizam como construções abstratas da realidade, mas que não são a própria realidade. Como consequência, o significado dos conceitos científicos evolui ao longo da história (SILVA, MACHADO e TUNES, 2010)

Sendo assim, ao tentar promover a elaboração de conceitos científicos por meio de aulas experimentais, denota-se a importância da compreensão do que seja a experimentação por parte do professor. A este respeito, Tunes, Silva e Machado (2010), analisam o papel da experimentação no ensino de ciências e argumentam que a experimentação não é via de comprovação da teoria.

Ao contrário, esses autores argumentam que as teorias científicas - formulações que visam explicar os fenômenos do mundo real - possuem dois traços característicos marcantes: i) capacidade de generalização (associada à abrangência de fenômenos comparáveis que uma determinada teoria pode explicar) e ii) a capacidade de previsão (associada a amplitude de fenômenos que podem ser previstos, mas que ainda não foram observáveis). Portanto, quando nos reportamos à teoria para explicar um fenômeno, estamos testando sua capacidade de generalização e previsão, não provando sua veracidade (SILVA, MACHADO e TUNES, 2010).

Para entendermos melhor esta relação, trazemos o seguinte exemplo, também, explorado por Tunes, Silva e Machado (2010): quando os homens das cavernas representavam suas experiências nas paredes, isto era uma forma de registrar a realidade. Assim, ao desenharem um bisão na parede, conseqüentemente perdiam-se algumas

características, como o movimento e a profundidade. Desta forma, o homem já não tinha mais um bisão diante de si, pois o bisão desenhado não era o bisão real, era uma outra realidade criada pelo homem. Do mesmo modo que ao criar a escrita e escrever a palavra “bisão” em alusão ao bisão real, o homem criou outra forma ainda mais abstrata de representar a realidade. Para tais autores, desenhar um bisão ou escrever a palavra bisão são as primeiras atividades humanas de experimentação, uma vez que: “conceitos e teorias científicas não são o mundo concreto que o homem tem diante de si, mas uma nova realidade por ele criada, um novo afastamento daquele mundo” (SILVA, MACHADO e TUNES, 2010, p. 238). Por isso, em semelhança à representação da realidade via escrita ou desenho que nos insere num mundo abstrato e afastado do concreto, a atividade de experimentação tem como traço característico a promoção do desenvolvimento de conceitos científicos, teoricamente orientados.

A experimentação com foco investigativo, neste contexto, se caracteriza como uma atividade: i) que requer a participação consciente do aluno no processo de observação e entendimento do fenômeno; ii) que promove a discussão a respeito do que foi visto e o diálogo para entendimento do que, porque e como ocorreu o fenômeno. Ou seja, como o próprio nome faz menção, os alunos devem investigar o que estão vendo e formular hipóteses que expliquem tal acontecimento a partir de um pensamento mediado não pelo dado concreto, mas por conceitos. Na definição dos autores:

ela permite, 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 (SILVA, MACHADO e TUNES, 2010, p. 260).

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. 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. Geralmente, tal tarefa fica para casa em forma de relatório que enfatiza procedimentos, materiais e observações (macroscópico), secundarizando explicações e significações no nível teórico-conceitual (microscópico). “Tais explicações/teorizações – que se referem ao uso de determinadas linguagens e

modelos teóricos próprios às ciências - são impossíveis de serem desenvolvidos pelos alunos de forma direta e requerem a ajuda pedagógica especial do professor” (SILVA e ZANON, 2000, p. 136).

Assim, é compreendendo o experimento como ferramenta para auxiliar o entendimento sobre a dinâmica teoria x realidade que reintroduzimos os três níveis de conhecimentos químicos. Considerando o fato de que “a produção de conhecimento em Química resulta sempre de uma dialética entre teoria e experimento, pensamento e realidade” (MORTIMER, MACHADO e ROMANELLI, 2000, p. 277), é necessário que esses três componentes – fenômeno, linguagem e teoria – compareçam igualmente nas interações de sala de aula. Afinal, é na dinâmica das interlocuções que concorrem linguagens e saberes cotidianos e científicos que são capazes de construir o conhecimento químico escolar (SILVA e ZANON, 2000; MELO e SILVA; 2016).

Nesse sentido, retomamos o estudo de processos de ensino-aprendizagem que promovam a articulação entre os três níveis de conhecimentos químicos: fenomenológico ou macroscópico, representacional e teórico-conceitual ou microscópico. Essa articulação (representada na figura 1) foi inicialmente proposta por Johnstone (1982, 1991, 2000) e enfatizada por vários educadores químicos (MORTIMER, MACHADO e ROMANELLI, 2000; WARTHA e REZENDE, 2011; SCHNETZLER, 2010; MELO, 2015; MELO e SILVA, 2016; TABER, 2013; 2016).

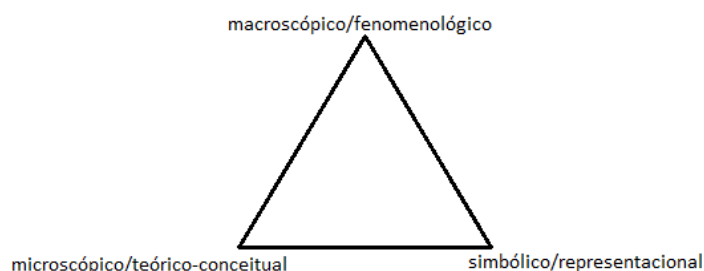


Figura 1: Três níveis de conhecimentos químicos propostos por Johnstone (1982, 1991, 2000).

Esse modelo propõe um ensino no qual o fenômeno, a linguagem química e a teoria comparecem como aspectos igualmente importantes na aquisição de conhecimentos químicos escolares. Nele está implicado um ensino de conteúdos químicos em que se articulem os três vértices do triângulo, assim definidos:

Eu acredito que [o conhecimento químico] exista em três formas, as quais podem ser pensadas como os vértices de um triângulo. Nenhuma forma é

superior a outra, mas uma completa a outra. Estas formas de conhecimento são (a) a macroscópica e palpável: o que pode ser visto, tocado e cheirado; (b) o microscópico: átomos, moléculas íons e estruturas; (c) a representacional: símbolos, formulas, equações, relações matemáticas e gráficos (JOHSTONE, 2000, p. 11- tradução nossa).

A atualidade dessa proposição de Johnstone também é indicada no trabalho de Wartha e Rezende (2011, p. 275 – nossos grifos) quando consideram que tal modelo:

apresentado há quase 30 anos por Alex Johnstone destacando diferentes níveis de pensamento e de representação no processo de ensino e aprendizagem em Química, em seu artigo “*Macro and micro-chemistry*” (Johnstone, 1982), ainda é muito utilizado e propagado pelos pesquisadores em educação Química. *Parece ser o principal e único modelo que discute a questão das representações no ensino de Química não encontrando qualquer divergência sobre o modelo dos três diferentes níveis de representação na literatura sobre educação Química.*

Johnstone (1991, p. 76 – nossa tradução), ao propor essa tríade (Figura 1), problematizou questões relacionadas ao ensino de Química: “o fato de muitos alunos afirmarem que a ciência é difícil de ser aprendida, talvez sugira que ela não esteja sendo transmitida com sucesso”. O autor argumenta que processos de ensino que se dão quase que exclusivamente na esfera macroscópica limitam as possibilidades de os alunos interpretarem os fenômenos no campo teórico-conceitual. Assim, Johnstone (1991) indica a articulação daqueles conhecimentos como possibilidade para que o aluno comece a pensar abstratamente sobre o que está vendo. Em sua explanação, o autor expõe um exemplo a partir da eletrólise aquosa de solução de cloreto de cobre II ($\text{CuCl}_{2(\text{aq})}$) com eletrodos de carbono. Em tal experimento, as observações realizáveis são: o surgimento de bolhas em um eletrodo e, em outro, o aparecimento de um depósito marrom, conforme demonstrado na figura 2.

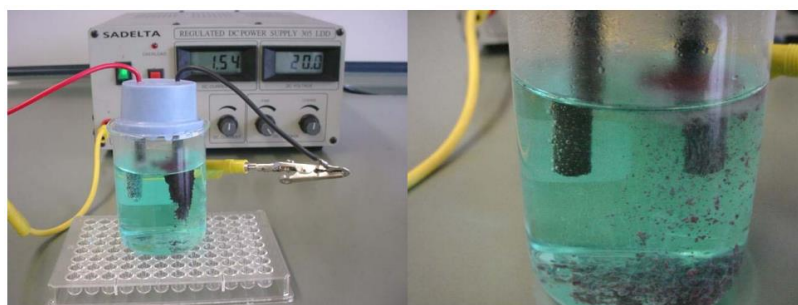


Figura 2: eletrólise em solução aquosa de cloreto II com eletrodos de carbono.

Para o autor, a inserção dos alunos num entendimento do processo em nível atômico-molecular, consistiria em o professor representar a solução azul (CuCl_2) e suscitar questões, como por exemplo, o que são o depósito marrom e as bolhas? A imersão no

triângulo é colocada por Jonhstone (1991, p. 79) por meio da interpretação liderada pelo professor e acompanhada da representação química:

- se o material marrom é cobre, isso revela que na solução azul o cobre existe em forma de íon cátion (partícula positivamente carregada): $\text{CuCl}_{2(\text{aq})} \rightarrow \text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{Cl}^{-}_{(\text{aq})}$;
- quando o íon Cu^{2+} chega ao eletrodo, ele coleta dois elétrons, tornando-se cobre metálico: $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Cu}_{(\text{s})}$;
- no outro eletrodo, quando chegam os íons ânion Cl^{-} (partículas negativamente carregadas), ocorre a perda de um elétron, transformando-se em átomos de cloro que em pares se unem formando gás cloro: $2\text{Cl}^{-}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{Cl}_{2(\text{g})} + 2\text{e}^{-}$.

Diante desta proposição e à luz de novas interpretações sobre a função da linguagem química nesse processo, apoiamos-nos no trabalho de Taber (2015, 2013), o qual, ao revisitar o triângulo de Johnstone, enfatiza a importância da linguagem química. No que se refere à compreensão de fenômenos químicos, assim como explicita Taber (2015, p. 195 – nossa tradução), temos que considerar que a ciência química usa um sistema simbólico próprio: “Uma característica particular da representação simbólica em química é o uso de representações que podem ser uma ponte entre o nível macroscópico de descrição química e o nível teórico dos modelos microscópicos”.

Taber (2013, p. 160 – tradução nossa) argumenta que uma equação “não representa apenas diferentes entidades, mas suas relações em processos químicos”. Assim sendo, a representação de combustão do gás metano $\text{CH}_{4(\text{l})} + 2\text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow \text{CO}_{2(\text{g})} + 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{v})}$ pode ter duas leituras. No nível microscópico, este conjunto de símbolos mostra quais moléculas estão presentes antes e depois da transformação e em quais proporções, podendo ser lida da seguinte forma: um mol de moléculas de gás metano reage com dois mols de moléculas de gás oxigênio formando um mol de moléculas de gás carbônico e dois mols de moléculas de água. Já no nível macroscópico, além de se referir às mudanças macroscópicas de uma reação de combustão, pode ser lida em termos de quantidades que podem ser pesadas: 16 gramas de gás metano reagem com 64 gramas de gás oxigênio formando 44 gramas de gás carbônico e 36 gramas de vapor de água.

Nesses termos, a função da linguagem química não é registrar somente o fenômeno de uma forma mais concisa e simplificada. No estudo do conceito de transformações químicas, por exemplo, Machado (2000, p. 39) destaca que o registro de reações químicas, por meio das equações, possibilita

a introdução do signo [representação das substâncias via simbologia química] como meio que materializa as idéias que estavam sendo elaboradas [conservação de átomos, ruptura e formação de ligações químicas]. Mais tarde esse registro vai tornar-se o símbolo do conceito de transformação química.

Portanto, a equação química, que muitas vezes é tratada como um mero conjunto de letras, começa a ganhar significação e a orientar o conceito de transformação química como fenômeno que envolve a formação de novo material, que pode ou não ser acompanhado por evidências visíveis. Tratar conceitualmente transformações químicas, a partir da ênfase à própria linguagem química, permite um tratamento microscópico do fenômeno que exalta a linguagem química como ferramenta essencial para a formação do pensamento químico:

com e pela linguagem química, no movimento de significação destas representações, uma certa forma de pensar vai se constituindo. Nesse trabalho, nesse exercício de pensamento que se dá na e pela linguagem, uma certa lógica vai se constituindo. No processo de aprender a linguagem química, novos conceitos vão sendo simultaneamente elaborados e aqueles já aprendidos têm a possibilidade de ser significados (MACHADO, 2000, p. 41).

Assim, a representação dos fenômenos pode ser significada deliberadamente pelo professor com o objetivo de articular os níveis macroscópico e microscópico. Nesse sentido, a mediação deliberada, em direção à negociação de significação da própria linguagem química, pode colocá-la como ponte para a articulação entre os outros dois níveis. O nível representacional, desta forma, deixa de ser encarado como apenas uma forma de descrição do conhecimento químico e assume o papel de representação e comunicação de conceitos e de modelos desenvolvidos no âmbito macroscópico e microscópico. A respeito dessa nova função da linguagem Taber (2013, p. 165) afirma que:

O simbólico é inerente à forma como pensamos sobre a química; E o processo de aprendizagem, ensino e aplicação de química geralmente envolve re-descrições em e entre componentes da linguagem simbólica especializada usada para descrever idéias químicas nos dois níveis.

A partir de tais idéias, nos atentamos à ação mediadora ancorada na própria linguagem da química, atribuindo significação aos símbolos, fórmulas e equações que representam as reações, promovendo a formação do pensamento químico e sistematizando conceitos por meio dela.

Com base nesse estudo e pensando em como relacionar tais aspectos pedagógicos ao experimento, é que na estratégia formativa desenvolvida com os licenciandos em Química, foi proposta a elaboração de guias experimentais investigativos. Estes, estão baseados em um modelo apresentado no capítulo 4, o qual se caracteriza por estruturar a

interpretação do fenômeno químico por meio de questões, visando a retomada, introdução e formação de conceitos, ações que são marcadas, essencialmente, na e pela interação aluno-professor na dinâmica de significação da linguagem em sala de aula.

Por isso, no próximo capítulo discutimos a importância de mediações pedagógicas por parte do professor, terceira contribuição de pesquisas que fundamenta a estratégia formativa desenvolvida, e que está pautada na abordagem histórico-cultural, adotada como referencial teórico desta tese.

Capítulo 3 – Desenvolvimento Humano e Educação na perspectiva histórico-cultural

Nosso objetivo neste capítulo é apresentar o referencial teórico que fundamenta o presente estudo e, para tanto, são abordados pressupostos da abordagem histórico-cultural, mais especificamente as contribuições de Lev S. Vigotski e colaboradores, em duas seções. Na primeira introduzimos postulados referentes ao desenvolvimento das funções psíquicas superiores e à mediação social no processo de desenvolvimento humano. Na segunda focalizamos, no âmbito dos processos de ensino-aprendizagem nas relações escolares, aspectos da elaboração conceitual e da mediação pedagógica.

3.1. A formação humana: funções psíquicas superiores e mediação social

Ao conceber o homem como ser que se constitui nas relações sociais, Vigotski (1929/2000; 1931/1995) assume que a formação humana se dá na experiência cultural historicamente estabelecida e que o desenvolvimento do indivíduo depende das atividades mediadas pelo grupo social. Assim sendo, o processo de desenvolvimento é por ele compreendido no plano histórico e sociocultural: “eu me relaciono comigo tal como as pessoas relacionam-se comigo” (VIGOTSKI, 1931/2012, p. 147 – nossa tradução).

Dessa perspectiva, a atividade consciente do homem não é determinada exclusivamente por experiências pessoais e imediatas do meio; está relacionada a conhecimentos que se constituem a partir da apropriação da experiência acumulada nas relações com outros na cultura ao longo do processo histórico-social da humanidade. Nesse sentido, Vigotski (1929/2000, p. 35) considera que a personalidade é “um agregado de relações sociais”.

Ao explicar a atividade consciente do homem, Luria (1979) afirma:

[...] as peculiaridades da forma superior de vida, inerente apenas ao homem, devem ser procuradas na forma histórico-social de atividade, que está relacionada ao trabalho social, com o emprego de instrumentos de trabalho e com o surgimento da linguagem (p. 74).

A preparação de instrumentos de trabalho é a primeira forma de atividade consciente do homem, pois, nesse momento, a atividade voltada para a satisfação de necessidades

imediatas perde espaço para um processo mais complexo e consciente que implica a projeção de ações e o emprego futuro dos meios de atividade.

Ao lado do preparo de instrumentos, a linguagem desenvolveu-se pela necessidade de comunicação suscitada no trabalho enquanto atividade associada, coletiva. Luria (1979) aponta o fato de que, pelo uso da linguagem, novas formas de atividade consciente puderam surgir por conta da capacidade de produzir e interpretar formulações discursivas, o que demonstra a grande plasticidade do comportamento humano.

Na história do desenvolvimento da espécie, a linguagem possui um papel de instrumento do pensamento que ultrapassa a sua mera função de meio de comunicação e se coloca como o processo mais importante de desenvolvimento da consciência:

Ao transmitir a informação mais complexa, produzida ao longo de muitos séculos de prática histórico-social, a linguagem permite ao homem *assimilar essa experiência* e por meio dela dominar um ciclo imensurável de conhecimentos, habilidades e modos de comportamento, que em hipótese alguma poderiam ser resultado da atividade independente de um indivíduo isolado (LURIA, 1979, p. 81 - grifo do autor).

Na mesma linha, Leontiev (1978) salienta que o trabalho é a condição de formação humana e que nele a atividade dos indivíduos tem uma função tanto produtiva como comunicativa porque dizem respeito à ação sobre a natureza e à ação sobre os outros indivíduos. Por isso, o traço característico da criação humana está evidenciado pela cultura material e pela cultura intelectual nas operações fixadas historicamente no instrumento e na linguagem. Para o autor, o movimento da vida humana é um processo histórico de apropriação da cultura:

Cada geração começa, portanto, a sua vida num mundo de objetos e de fenômenos criado pelas gerações precedentes. Ela apropria-se das riquezas deste mundo participando no trabalho, na produção e nas diversas formas de atividade social e desenvolvendo assim as aptidões especificamente humanas que se cristalizaram, encarnaram neste mundo. (LEONTIEV, 1978, p. 265-266)

Vigotski (1931/1995), principal proponente da abordagem histórico-cultural, também postula que o desenvolvimento do homem se realiza na vivência da cultura, produzida pela atividade social e histórica dos grupos humanos. Ao definir o homem, ele sintetiza assim sua visão: “Para Hegel é o sujeito lógico. Para Pavlov, é o soma, organismo. Para nós é a personalidade social = o conjunto de relações sociais encarnado no indivíduo (funções psicológicas, construídas pela estrutura social)” (VIGOTSKI, (1929/2000, p. 33).

Para esse autor, as capacidades humanas implicam o desenvolvimento das funções psíquicas superiores, que ganham existência na vida coletiva e distinguem-se em dois tipos.

O primeiro se refere a funções que formam a estrutura psíquica do indivíduo e se modificam até alcançar níveis elevados de desenvolvimento, como, por exemplo, a memória lógica e a formação de conceitos. O segundo se caracteriza pelo domínio de meios culturais, como, por exemplo, nas funções desenvolvidas na escrita, no cálculo e no desenho.

Ao considerar o papel do signo e do instrumento técnico nas formas de vida social humana, Vigotski (1931/1995) afirma que ambos são produções culturais e atuam como mediadores da conduta individual e coletiva, mas há entre eles uma diferença fundamental: o instrumento técnico é orientado para o objeto, e o signo, para o sujeito. Isso quer dizer que o instrumento ou ferramenta permite ao sujeito afetar ou transformar um objeto externo (como ao usar uma ferramenta para colher frutas). Já o signo permite-lhe afetar e transformar o próprio comportamento (como ao organizar-se pela fala autodirigida) ou o comportamento de outros (como ao solicitar ou demandar a ação de alguém).

O signo é central na elevação de modos de funcionamento do desenvolvimento humano na medida em que permite as relações mediadas, ou seja, as relações sociais que possuem como traço característico a comunicação e a significação (produção e interpretação de signos). Vigotski (1934/1992) frisa que, diferentemente das formas de comportamento animal, no homem as funções da comunicação e do pensamento requerem “necessariamente um sistema de meios, cujo protótipo é e será sempre a linguagem humana, surgida da necessidade de comunicação no trabalho” (p. 22). O ser humano faz uso de diversos tipos de linguagem (música, pintura, matemática, as linguagens das ciências naturais etc.), porém a linguagem verbal assume centralidade em razão de seu papel na mediação das relações entre pessoas.

Portanto, a linguagem é a função central das relações sociais em um nível superior de desenvolvimento, pois ela adquire um lugar privilegiado enquanto forma de comunicação entre os indivíduos que se apresenta como produto histórico e significante da atividade mental humana (VIGOTSKI,1931/1995). A palavra, enquanto um sistema simbólico, desenvolve-se nas interações com o outro por meio de significações partilhadas, permitindo ao homem transitar do sensorial ao simbólico. Assim, mais do que comunicar, a linguagem desempenha um decisivo papel na atividade mental, pois ela é constituinte da elaboração de experiências pessoais e da consciência de si mesmo:

O significado da palavra é um fenômeno ao mesmo tempo verbal e intelectual. E essa pretensa simultaneidade a dois âmbitos da vida psíquica não é apenas aparente. O significado da palavra é um fenômeno do pensamento somente na medida em que o pensamento está ligado à palavra e incorporado nela e vice-versa, é um fenômeno de linguagem

apenas na medida em que a linguagem está ligada ao pensamento e iluminada por ele (VIGOTSKI, 1934/2014, p. 289 – nossa tradução).

As palavras não se referem a um objeto, mas a classes de objetos, tendo em vista que seu significado envolve sempre uma generalização: “Como é fácil ver, a generalização é um ato verbal extraordinário de pensamento que reflete a realidade de uma forma radicalmente diferente de como a refletiriam as sensações imediatas” (VIGOTSKI, 1934/2014, p. 20 – nossa tradução). Ou seja, a linguagem verbal reflete a realidade de modo diferente dos processos de percepção e sensação frente ao imediatamente dado. Por essa razão seu papel no curso de desenvolvimento cultural é preponderante, tendo em vista que é na e pela linguagem que o homem se constitui como sujeito.

A mediação pelo signo e pelo outro (portador da significação) é condição necessária para a formação do psiquismo. A história das funções psíquicas começa como relação social entre pessoas, como meio de influência recíproca e se desdobra envolvendo o processo de internalização, pelo qual a experiência é transposta do plano intersubjetivo para o intrasubjetivo: “todas as funções psíquicas superiores são relações internalizadas de ordem social, são o fundamento da estrutura social da personalidade” (VIGOTSKI, 1932/2014, p. 151– nossa tradução). Essa transposição, à qual o autor se refere também como conversão, conduz ao desenvolvimento das funções psíquicas superiores e caracteriza justamente o mecanismo de assimilação da cultura e de formação sócio-histórica do ser humano. Esse processo, que ocorre ao longo de toda a vida, é abordado por Vigotski (1931/1995) em especial nas suas discussões sobre a criança, quando formula a lei geral do desenvolvimento cultural:

[...] toda função no desenvolvimento cultural da criança aparece em cena duas vezes, em dois planos; primeiro no plano social e depois no plano psicológico, a princípio entre os homens como categoria intersíquica e logo no interior da criança como categoria intrapsíquica. [...] Por trás de todas as funções superiores e suas relações se encontram geneticamente as relações sociais, as autênticas relações humanas (VIGOTSKI, 1931/1995, p. 150– nossa tradução).

Dessa tese decorre a visão de que as funções superiores se formam e se transformam pela internalização das significações de experiências na vida social. Desse modo, a subjetividade não existe previamente como funcionamento interno do próprio indivíduo. Ademais, ela se entrelaça necessariamente com a objetivação, quando o indivíduo realiza ações sobre o mundo num processo constante de interação. Assim, a concepção de personalidade não se descola da participação do outro e da mediação semiótica, na ocorrência tanto da subjetivação como da objetivação. Isso porque “passamos a ser nós

mesmos através dos outros; (...) a personalidade vem a ser para si o que é em si, através do que significa para os demais” (VIGOTSKI, 1931/1995, p. 149– nossa tradução).

Por ter assumido radicalmente a ideia do desenvolvimento histórico e cultural do ser humano, o autor foi enfático ao criticar a concepção tradicional de desenvolvimento vigente em sua época. Sobre essa concepção, argumentou que ela errava ao tomar os processos de desenvolvimento como formações naturais e biológicas, ignorando o social, o histórico e o cultural:

Dizemos que a concepção tradicional do desenvolvimento das funções psíquicas superiores é, acima de tudo, errônea e unilateral porque é incapaz de considerar esses fatos [fatos da psicologia infantil] como fatos do desenvolvimento histórico, porque são julgadas unilateralmente como processos e formações naturais, confundindo o natural e o cultural, o natural e o histórico, o biológico e o social no desenvolvimento psíquico [...] (VIGOTSKI, 1931/2014, p. 12– nossa tradução).

Discutindo esse equívoco, o autor rejeita também a visão do desenvolvimento como um processo linear, gradual e cumulativo, bem como as posições que veem o curso evolutivo linear como prototípico e a quebra da linearidade como anormalidade:

Uma consciência ingênua considera que a revolução e a evolução são incompatíveis, que o desenvolvimento histórico segue produzindo-se enquanto se atém a uma linha reta. A consciência ingênua não vê mais que catástrofes, ruína e ruptura quando se rompe a trama histórica e se produzem mudanças e saltos bruscos. A história deixa de existir enquanto não retorne ao caminho reto e uniforme. (VIGOTSKI, 1931/1995, p. 141– nossa tradução)

Vigotski coloca-se, assim, contrário à concepção de uma linearidade natural dos processos humanos. Contudo, não nega a importância do componente natural e biológico do desenvolvimento. Reconhece o necessário envolvimento da maturação e dos processos orgânicos na criança e afirma que a eles se sobrepõe o desenvolvimento cultural, o que permite a formação biológico-social da personalidade. Advoga que o desenvolvimento é um processo dialético, de transformações quantitativas e, sobretudo, qualitativas, e que pode abranger mudanças desproporcionais das diversas funções psíquicas.

Ademais, em sua teorização, acrescenta-se a ideia de que os processos de desenvolvimento envolvem transformações em cada uma das funções, em sua dinâmica e estrutura, e se efetivam principalmente por mudanças nas relações entre elas. São essas transformações que geram as passagens a novos níveis de desenvolvimento. Logo, a interfuncionalidade é uma característica intrínseca à formação psíquica do indivíduo e se liga necessariamente a uma visão do psiquismo como sistema.

Diante dessa visão de desenvolvimento cultural, vale acrescentar considerações de alguns seguidores de Vigotski que contribuem para a compreensão de suas proposições teóricas sobre cultura e mediação social.

Vigotski (1931/2014) estabelece a compreensão de que todo cultural é social e conceitua cultura “como produto da vida social e da atividade social do ser humano” (p. 151– nossa tradução). Apoiado neste entendimento, Pino (2005) diz que, nessa teoria, a produção da cultura e a sua apropriação correspondem, respectivamente, à humanização da espécie e à humanização do indivíduo. Em linha semelhante, Martins e Rabatini (2011) ressaltam que, para Vigotski, a cultura é concebida como produto histórico do trabalho humano. Por essa razão, esse conceito não se restringe ao entorno social imediato, local ou regional, mas diz respeito a um princípio de formação dos processos humanos no contexto coletivo, com caráter de universalidade.

Fundamentada na matriz marxista assumida por Vigotski, tal compreensão sobre a produção da cultura pressupõe que o plano das relações entre indivíduos concretos e o plano das estruturas sociais são igualmente regidos pelas leis históricas. Na visão marxista, são as condições de existência criadas pelo homem (os homens produzem e reproduzem seus meios de existência por meio do trabalho social) que podem dar origem às funções da pessoa; assim, as funções individuais se constituem no desenvolvimento histórico do homem e o constituem também.

A história social dos homens nada mais é do que a história do seu desenvolvimento individual, tenham ou não consciência disso. Suas relações materiais são as bases de todas as suas relações. Essas relações materiais não são mais do que as formas necessárias em que se realiza a sua atividade material e individual (MARX, 1983, p. 433).

Ao abordar o conceito cultura, Pino (2005) ressalta que as funções do indivíduo se concretizam em práticas sociais, num sistema complexo de posições e papéis, isto é, num sistema em que os indivíduos se posicionam uns em relação aos outros. Práticas sociais, nesse contexto, são entendidas como “as várias formas – socialmente instituídas ou consagradas pela tradição cultural dos povos – de pensar, falar e de agir das pessoas que integram determinada formação social” (PINO, 2005, p. 107).

Essa questão é considerada fundamental por esse último autor, pois a teoria demanda a articulação do plano das ações da pessoa com o plano dos determinantes históricos vinculados aos modos de organização da sociedade. Assim, a articulação dos dois planos deve ser vista como necessária porque as relações entre pessoas não ocorrem fora do âmbito maior das estruturas da sociedade e, somente nesse âmbito, podem ser

compreendidas; de igual modo, os processos das estruturas sociais se tornariam abstratos sem a consideração das ações das pessoas que estabelecem relações entre si.

Segundo Martins e Rabatini (2011), em razão da base marxista de sua teoria, Vigotski fez uso do termo “instrumento” tanto para os meios técnicos como para os meios psicológicos, na consideração dos planos da filogênese e da ontogênese, sob o pressuposto de que os primeiros – as ferramentas - permitem o domínio da natureza e o deslocamento do comportamento natural para a atividade trabalho, enquanto os segundos - os signos - permitem a formação e desenvolvimento das funções psíquicas e autodomínio do comportamento. Portanto, tais meios não são meros elos entre coisas, por se tratar de mediações que implicam transformações no desenvolvimento e encarnam uma intencionalidade socialmente construída; ademais, tanto o instrumento técnico como o signo requerem adaptação do comportamento para seu uso e, por isso, provocam mudanças nas estruturas psíquicas.

Nesses termos, o desenvolvimento humano associado à produção da cultura reside na capacidade do homem em transformar a natureza e a si próprio por meio do uso de instrumentos técnicos (as ferramentas) e de instrumentos psicológicos (os signos). Ao abordar as produções culturais, Pino (2005) argumenta que elas são múltiplas e diversas, mas todas contêm como componentes a materialidade e a significação, e podem ser divididas em dois grandes grupos. O primeiro grupo concerne a objetos que são produzidos pela ação física do homem sobre materiais da natureza com o auxílio de meios técnicos e que carregam uma significação – o que é objeto, qual a finalidade de sua fabricação e uso, etc. Quanto ao segundo grupo, trata-se de produções da atividade mental sobre objetos simbólicos que envolvem o uso de signos e são exteriorizados ou objetivados por meio de formas materiais de expressão. Este grupo abarca subconjuntos, como, por exemplo, a técnica, a arte, as instituições sociais. A dimensão da materialidade nesses subconjuntos é reiterada quando o autor aponta que:

No caso das produções simbólicas, feitas exclusivamente de ideias (como a filosofia, a matemática, a literatura etc.), para que elas possam ter existência social (sair do casulo da subjetividade) precisam ter uma forma material de expressão, pois, a materialidade é uma exigência da natureza do signo [...] (PINO, 2005, p. 91 – grifo do autor)

Destarte, tal como destaca Conti (2010, p. 56), a capacidade do homem de agir sobre a natureza e de transformá-la atribui ao signo e ao instrumento técnico características de meios de produção de cultura: “Por meio desses instrumentos e símbolos produz-se a

cultura. Ambos, portanto, são mediadores da ação humana e simultaneamente são produtos dessa mesma ação”. A cultura, concebida nesta perspectiva, torna-se constitutiva da natureza humana por meio da significação, e a explicação para esse processo somente é possível com base na mediação semiótica.

A significação que o homem atribui às coisas, isto é, a dimensão simbólica das atividades biológicas, torna-as atividades humanas. Dessa forma, o acesso à cultura passa necessariamente pela mediação do outro, a partir de seu papel interativo na internalização ou conversão de significação das relações sociais. Nesse processo, podemos indicar, apoiados em Conti (2010, p. 53), que Vigotski:

Instaura a ideia de um outro, conferindo-lhe um estatuto cuja ênfase eleva-se à função constitutiva e não apenas a uma função auxiliadora ou facilitadora da construção do psiquismo. Ousamos dizer que, em relação a esse tema, é como se Vigotski, partindo da ideia marxista, procurasse por um método que concebesse a vida social e, nela, o outro como a condição material histórica e dialética em referência à qual o psiquismo (o eu e suas funções) pode emergir.

O emprego do signo, que implica necessariamente a participação de outras pessoas, permite a enunciação e a compreensão sobre a realidade, ou seja, seu conhecimento. Pela significação as coisas percebidas são relacionadas entre si e, assim, adquirem outra forma de existência. Ademais, a presença e o emprego do signo, especialmente da palavra, permite ao homem o controle da ação prática e a autodeterminação. Mas é preciso lembrar que o controle pela palavra foi antes controle social, “pois a palavra é palavra do Outro antes de ser palavra própria” (PINO, 2005, p. 137).

Ao abordar a mediação semiótica, Martins (2013) ressalta que os signos permitem ultrapassar a captação sensorial empírica da realidade. Eles atuam como mediadores do conhecimento da realidade e são fenômenos supraindividuais que implicam a unidade dialética entre o polo subjetivo e o polo objetivo do funcionamento do indivíduo. A atividade simbólica, portanto, exerce sua função constitutiva e organizadora em um complexo processo de estruturação que envolve o entrelaçamento das ligações entre a história social e a história individual.

Assim, concordamos com Conti (2010, p. 66), quando explicita a relação entre formação individual e cultural: “O psiquismo constituído nas relações sociais se forma por internalizar aquilo que antes fora o signo ou função do outro, inaugurando assim suas próprias funções e seu universo simbólico como um patrimônio cultural”.

Num plano mais amplo, podemos considerar, assim como Martins (2013), que a humanização do indivíduo se realiza pela educação, que propicia ao indivíduo a apropriação dos signos, o autodomínio do comportamento e as condições para a vida social, e que assume um papel indispensável na “transmissão, entre as gerações, do acervo simbólico edificado pela humanidade e que precisa ser apropriado por cada indivíduo particular pelo processo de educação” (MARTINS, 2013, p. 134).

Para sintetizar esta primeira parte, ressaltamos que na abordagem histórico-cultural o desenvolvimento é um processo central na explicação da formação do ser humano, um processo que emerge e se desdobra nas relações sociais vividas pelo sujeito e que está necessariamente articulado a uma visão específica da formação das funções superiores. Esse cenário de proposições permite entender a razão porque os proponentes dessa abordagem, assim como seus seguidores, consideram central o processo de transmissão de capacidades e significados de uma geração para outra. Logo, a educação, em termos amplos, coloca-se como condição imprescindível na formação do indivíduo e da vida coletiva. E a educação escolar, com o ensino deliberado e sistematizado, torna-se condição indispensável para o acesso aos bens culturais, dentre esses, os produzidos pela Química.

Por isso, na próxima seção, abordamos a mediação pedagógica no ensino escolar, numa discussão alicerçada nos estudos de Vigotski (1993/1934, 1995/1931, 2000/1929) sobre formação de conceitos, em especial sobre a relação entre conceitos cotidianos e científicos ou sistematizados. Sendo a escola o espaço no qual o aluno deve se apropriar de conhecimentos abstratos e de alta generalidade, nosso interesse situa-se na relação empírico-teórica que se estabelece no processo dinâmico e socialmente mediado de elaboração conceitual em processos de ensino-aprendizagem de Química.

3.2. Elaboração Conceitual e Mediações Pedagógicas

Nosso interesse na discussão teórica sobre a constituição social do conhecimento e do funcionamento intersubjetivo tecida pelos estudiosos da abordagem histórico-cultural, principalmente por Vigotski, está em focalizar o papel do outro nos processos escolares. No tocante à mediação social nos processos de ensino-aprendizagem, mencionamos inicialmente o conceito de zona de desenvolvimento iminente⁶ para salientar a

⁶ Embora a tradução mais difundida para esse conceito tenha sido zona de desenvolvimento proximal, mais recentemente as publicações têm se apoiado na tradução realizada por Prestes (2010), de zona de desenvolvimento iminente, que consideramos mais adequada.

dinamicidade e complexidade da participação do Outro no processo de elaboração de conhecimento.

Ao discutir os processos de desenvolvimento e aprendizagem, Vigotski (1934/1986; 1934/2014) argumenta que a consideração de um único nível de desenvolvimento é muito limitada e propõe uma concepção que leva em conta a relação entre as funções psíquicas consolidadas e as que estão para emergir proximamente, que correspondem, respectivamente, à zona de desenvolvimento atual e à zona de desenvolvimento iminente. Embora o conceito de zona de desenvolvimento iminente seja mencionado em outros estudos (por exemplo, na discussão sobre o brincar na infância), o autor o aborda com destaque ao se referir às experiências de aprendizagem propiciadas pelo ensino. Nesse âmbito, ele afirma: “a diferença entre o nível das tarefas realizáveis com o auxílio dos adultos e o nível de tarefa que pode desenvolver-se como uma atividade independente define a área de desenvolvimento iminente da criança” (VIGOTSKI, 1934/1986, p. 112).

Essa definição pode ser considerada como uma situação exemplar do conceito de desenvolvimento iminente, visto que, no contexto escolar, a aprendizagem da criança ou do jovem é mediada principalmente pelo professor. No entanto, a formulação deve ser interpretada mais amplamente em consonância com a tese de que os processos individuais se constituem nas relações sociais e com a proposição de que o conhecimento é um processo necessariamente mediado por outros, tema de interesse central no presente trabalho. Nesse sentido, como sugere Góes (1997), é importante não tomar o conceito como mera prescrição de tipos específicos de mediação nas relações escolares, mas sim como um processo social em que o outro tem um *papel constitutivo* no conhecimento do sujeito. Assim sendo, o outro abrange muitas possibilidades de participação, que não restringem às ideias de ajuda, e seu papel não é apenas o de facilitador, gerador de conflito cognitivo ou encorajador, como ocorre em outras abordagens teóricas que tomam a elaboração do conhecimento como processo, em última análise, individual.

Abordando um ângulo adicional da relação entre ensino, aprendizagem e desenvolvimento, Vigotski propõe que o ensino deve mirar a zona de desenvolvimento iminente e não a de desenvolvimento consolidado. Em outras palavras, a mediação pedagógica deve orientar-se para o desenvolvimento das funções que estão em maturação e não para aquelas já maduras. “A instrução é unicamente válida quando precede o desenvolvimento. Então ela desperta e engendra toda uma série de funções que se encontravam no estado de maturação e permaneciam na zona de desenvolvimento

iminente” (VIGOTSKI, 1934/2014, p. 243 – nossa tradução). Disso podemos depreender que a aprendizagem propiciada pela instrução, dependendo de sua qualidade, produz o desenvolvimento. Por essa razão, 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 (VIGOTSKI, 1934/1986, p. 113).

Portanto, para o presente estudo, uma contribuição importante do conceito de zona de desenvolvimento iminente está no fato de explicitar o papel mediador do professor, que deve ser orientado para a elevação dos modos de pensamento do aluno e visar, prioritariamente, as capacidades em emergência.

A segunda contribuição reside na definição do papel da educação escolar como cerne para formação das funções psicológicas superiores. A discussão de 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 Vigotski 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” (VIGOTSKI, 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 (VIGOTSKI, 1934/2014). Dessa maneira, a educação escolar, como ferramenta para a formação das funções psicológicas superiores, revela sua importância no âmbito da transmissão de signos historicamente construídos. 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, RABATINNI, 2011).

Isto nos indica que a formação de conceitos durante a aprendizagem escolar reorganiza as funções psíquicas, promovendo uma das principais funções que, segundo Martins (2013, p. 279), Vigotski atribui à escola: “incidir na personalidade dos indivíduos, posto que nela sintetizam-se todas as propriedades culturalmente formadas”. Visto que a instrução é condição para o desenvolvimento, os conteúdos ensinados precisam ser

significativos de maneira a promover conhecimentos que só podem ser ensinados e aprendidos na escola.

Ainda em referência à experiência escolar, Martins e Rabatinni (2011) ressaltam que, para Vigotski, 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, RABATINNI, 2011, p. 355).

Assim, o professor, como mediador do conhecimento científico, permite 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.

Em vista de tais considerações e reiterando a proposição de Vigotski (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.

Mesmo ressaltando que as raízes da formação de conceitos estão na infância, isto é, que os processos aí envolvidos começam a se desenvolver nessa idade, Vigotski (1934/1993) concebe que é somente na adolescência que tais processos se refinam e podem se consolidar:

A formação de conceitos pressupõe, como componente principal e central deste processo, aprender a dominar o curso dos processos psíquicos próprios mediante palavras e signos. A capacidade de dominar os comportamentos próprios com a ajuda de meios auxiliares só se desenvolve por completamente na adolescência (VIGOTSKI, 1934/1993, p. 134 – nossa tradução).

Isto ocorre porque o domínio de conceitos é uma forma superior de atividade mental que revela o uso e a combinação especial das funções intelectuais básicas numa ação complexa que promove “o uso funcional das palavras e outros signos na qualidade de meios para dirigir ativamente a atenção, analisar e destacar os atributos, abstraí-los e sintetizá-los” (VIGOTSKI, 1934/1993, p. 131– nossa tradução). Neste sentido, o desenvolvimento do conceito não é um processo simples que pode ser fundamentado apenas na associação, combinação de juízos e ideias, atenção, representação. Ainda que todas essas operações sejam indispensáveis, tal elaboração seria impossível sem o uso funcional da palavra como signo mediador: “[...] o central neste processo é o uso funcional do signo ou da palavra como meio através do qual o adolescente domina e dirige suas próprias operações psíquicas, controlando o curso de sua atividade e orientando-a para resolver a tarefa que está posta” (VIGOTSKI, 1934/1993, p. 132 – nossa tradução).

No estudo desta temática, Vigotski 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; SCHROEDER, FERRARI e MAESTRELLI, 2009; MARTINS, 2013).

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.

O desenvolvimento do conceito científico começa precisamente a partir do que ainda permanece por desenvolver nos conceitos espontâneos ao largo de toda a idade escolar. Costuma começar pelo trabalho sobre o próprio conceito como tal, pela definição verbal do conceito, por operações que pressupõem o emprego não espontâneo deste. (VIGOTSKI, 1934/2014, p. 251– nossa tradução)

Comentando a distinção entre os conceitos, Luria (1979, p. 35) explicita:

É natural que sejam totalmente distintos a estrutura dos dois tipos de conceito e o sistema dos processos psicológicos que participam da formação deles: nos conceitos “comuns” predominam as relações circunstanciais concretas, nos “científicos”, as relações lógicas abstratas. Os conceitos “comuns” se formam com a participação da atividade prática e da experiência figurado-direta, os “científicos”, com a participação determinante das operações lógico-verbais.

A palavra nessa esfera de elaboração tem primeiramente a função indicativa (de indicar o objeto ao qual se refere), e esta é ampliada quando passa a ter uma função significativa, isto é, quando começa a significar as impressões concretas. Nesse sentido, como toda palavra é uma forma de generalização e seu significado sempre se transforma ao longo das etapas de desenvolvimento, é impossível aprendermos conceitos de forma acabada, pois eles estão sempre evoluindo (VIGOTSKI, 1934/2014).

Assim, o papel genuíno e decisivo no desenvolvimento conceitual corresponde à palavra, pois é por meio dela que dirigimos deliberadamente nossa atenção, sintetizamos, simbolizamos o conceito e operamos com ele como um signo. Na dinâmica de elaboração conceitual, as formulações verbais sobre o objeto caracterizam o ensino-aprendizagem na escola. No entanto, diferente do ensino por transmissão-recepção em que o começo da aprendizagem é a definição verbal vazia de significado e ensinar é só definir, Vigotski nos permite considerar a palavra como mediadora da apropriação dos conceitos e da transição de uma generalização para outras.

Ainda quanto à relação entre conceitos científicos e cotidianos, Vigotski (1934/1993) 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.

O conceito cotidiano, que já percorreu uma longa trajetória de desenvolvimento de baixo para cima, abriu caminho para que o conceito científico continuasse a crescer de cima para baixo, uma vez que criou

uma série de estruturas indispensáveis ao surgimento de propriedades inferiores e elementares dos conceitos. De igual maneira, o conceito científico, depois de ter percorrido de cima para baixo certo trecho de seu caminho, abriu com isso uma senda para o desenvolvimento dos conceitos cotidianos, preparando de antemão uma série de formações estruturais indispensáveis para dominar as propriedades superiores do conceito (VIGOTSKI, 1934/2014, p. 253– nossa tradução).

Esse “sobe-desce” dos dois tipos de conceitos trata-se, portanto, de um duplo movimento entre o vivencial e o lógico-abstrato. 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.

O aluno traz para a experiência escolar conhecimentos espontâneos que elaborou em outras situações e que passam a se articular com os conceitos científicos. Assim, por exemplo, muitas das palavras que a ciência química designa para explicar fenômenos (como, por exemplo, solução, fusão, átomos, mistura etc.) já circulam no cotidiano dos alunos e seus significados podem tornar-se conceitos científicos dependendo das condições de ensino-aprendizagem oferecidas. Como indicado, nesse processo, há uma interpenetração dos dois conceitos, com o cotidiano dando carga vivencial ao científico, e este dando sistematicidade ao cotidiano. De certa forma, podemos afirmar que são duas racionalidades em relação dialética.

Cabe lembrar que, para Vigotski, essa dinâmica está implicada nas relações entre a zona de desenvolvimento iminente e o nível atual de desenvolvimento, como conforme é explicitado pelo autor:

O desenvolvimento dos conceitos científicos pressupõe um determinado nível de elevação dos conceitos espontâneos, em que o caráter consciente e a vontade têm sua aparição na zona de desenvolvimento iminente e que os conceitos científicos transformam e elevam a um grau superior os conceitos cotidianos, formando sua zona de desenvolvimento iminente (VIGOTSKI, 1934/1993, p. 254 – nossa tradução).

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 (FONTANA, 2001; PADILHA, 2013; SILVA, 2013). 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 transmissão-recepção. 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.

Ao assumir tais considerações e associando-as ao ensino-aprendizagem na escola, podemos considerar a construção de conhecimento como um processo que se constitui a partir de relações sociais, implicando uma prática social que é mediada pelo Outro e pela linguagem (tese retomada por vários autores, como, por exemplo, FONTANA, 2001; PINO, 2005; GÓES e CRUZ, 2006; SCHROEDER, FERRARI e MAESTRELLI, 2009; ANDRADE, 2010; SMOLKA, 2010; MARTINS, 2013; SILVA, 2013; SCHNETZLER, SILVA e ANTUNES-SOUZA, 2016; SILVEIRA JUNIOR e MACHADO, 2016).

Assim, no espaço educacional a elaboração conceitual é marcada por um jogo dialógico, no qual o ato de conhecer é uma atividade que se desenvolve, necessariamente, a partir de uma relação entre três elementos, representados por Pino (2001) no diagrama $s < z > o$, em que (s) é o sujeito que conhece, (o) a coisa a conhecer e (z) o elemento mediador. Em termos do presente estudo consideramos (s) como o aluno, (o) como o conhecimento químico escolar e (z) como o professor. Sobre esse processo, Pino (2001, p. 22) esclarece:

Há fortes razões para pensar que o ato de conhecer não é obra exclusiva nem do sujeito (s) nem do objeto (o) nem mesmo da situação de interação ($s < > o$), mas implica necessariamente, a ação mediadora de (z), sem a qual não existe nem sujeito nem objeto de conhecimento.

Essas considerações sobre a mediação pedagógica conduzem à visão de que o processo ensino-aprendizagem implica um papel do professor tem caráter assimétrico no processo ensino-aprendizagem. Tendo em conta esse papel, é esperado que ele favoreça processos dialógicos em que *deliberadamente orienta* o pensamento do aluno (SCHNETZLER, SILVA, ANTUNES-SOUZA, 2016). Assim, o professor de química durante uma aula experimental, por exemplo, tem a tarefa de promover no aluno a elaboração de ideias abstratas e generalizantes para interpretar o fenômeno observado, por meio de articulações mediadas por ele entre os três níveis do conhecimento químico (fenomenológico, representacional e teórico-conceitual).

Em suma, a elaboração conceitual ocorre em meio a relações sociais, caracterizando-se como um processo concebido na produção coletiva material e simbólica.

Constitui-se, assim, em práticas sociais nas quais os sujeitos têm seus modos de agir e pensar definidos pelos papéis sociais que exercem, o aluno o de aprender e o professor o de ensinar.

Ao analisarmos a escola nessa perspectiva, devemos considerá-la como um lugar legítimo de transmissão/assimilação de conhecimentos sistematizados, capazes de promover o desenvolvimento conceitual do aluno e, sobretudo, de formá-lo para atuar consciente e criticamente na sociedade. O ensino de Química tem, assim, uma contribuição como forma de prática cultural que promove o desenvolvimento de estruturas superiores de pensamento e que propicia uma nova forma de ler o mundo, por meio das ideias da ciência/química. Esses conhecimentos científicos, como diz Chassot (2014, p. 51), podem e devem ser instrumentos para se fazer educação, ou para se “fazer educação por meio da química”.

Todavia, como evidenciamos no primeiro capítulo desta tese, tais atributos docentes têm sido ignorados e, até mesmo, contraditos nos cursos de formação de professores de Química, razão pela qual se justificam tanto a estratégia formativa desenvolvida junto com os licenciandos, sujeitos desta investigação, como ela própria, cujos procedimentos metodológicos nela adotados são discutidos a seguir.

Capítulo 4 - Propondo um novo modelo de guia experimental investigativo

Foi a partir de uma estratégia formativa⁷ desenvolvida durante dois semestres com uma turma de último ano de um curso de Licenciatura em Química que desenvolvemos a presente investigação.

Neste capítulo vamos apresentar o caminho metodológico realizado para responder à questão central desta pesquisa: *Quais são as (re)elaborações promovidas por uma estratégia formativa - fundamentada na experimentação investigativa, na articulação dos três níveis de conhecimentos químicos e em mediações pedagógicas - para superar as concepções simplista de docência e empirista/positivista de ciência e experimentação de futuros professores de Química ?*

Para construir possíveis respostas a essa questão, discutimos, primeiramente, a natureza desta pesquisa, explicitando suas diretrizes teórico-metodológicas para, em seguida, detalharmos os procedimentos de coleta, construção e análise de dados nela adotados.

4.1. As diretrizes do método

Assumir uma postura investigativa apoiada na perspectiva histórico-cultural de desenvolvimento humano, significa compreender o homem como sujeito histórico e social. Tal postulado concebe esse ser sociocultural que se constitui na relação com os outros e por ela; na linguagem e por ela. Assim, a escolha por esse referencial está relacionada aos pressupostos metodológicos que consideram a pesquisa como qualquer outra atividade humana que é socialmente mediada. Deste modo, colocamos a pesquisa como instância de produção de práticas que visam a criação de um novo conhecimento elaborado com rigor científico e que implica a transformação quer seja nos sujeitos envolvidos, quer seja no objeto de análise.

Sustentado pela tese de desenvolvimento humano já expressa no capítulo anterior, Vigotski (1929/2000, 1931/2012, 1934/2014) propõe um método científico diferente do até então colocado em sua época. O autor argumenta que mesmo considerando a multiplicidade

⁷ As etapas das atividades promovidas nesta estratégia são descritas na introdução deste trabalho.

de investigações experimentais, todos os métodos psicológicos baseavam-se no princípio de estímulo-resposta que colocava o sujeito frente a uma situação-estímulo para estudar suas reações ou processos. Sobre esse esquema de estrutura metodológica, ele analisa: “o próprio sentido do experimento consiste em provocar artificialmente o fenômeno que se estuda, variar as condições no meio em que transcorrem, modificá-lo de acordo com os fins que se persegue” (VIGOTSKI, 1931/2012, p. 48 – nossa tradução). Para o autor, este tipo de atividade determinaria apenas variáveis quantitativas e registro das formas inferiores de pensamento. Partindo dessa premissa, propôs uma nova orientação metodológica que tomava o desenvolvimento psicológico dos homens não como uma estrutura puramente psicológica, mas como parte do desenvolvimento histórico e social de nossa espécie. Estabeleceu, então, novas diretrizes metodológicas baseada numa matriz teórica original sobre a gênese social das funções psíquicas superiores.

Nesse sentido, a partir daqueles pressupostos marxistas já explicitados, os quais consideram que o homem ao produzir cultura modifica suas formas de existência e modifica a si próprio: “o domínio da natureza e o domínio da conduta estão reciprocamente relacionados, como a transformação da natureza pelo homem implica também a transformação de sua própria natureza” (VIGOTSKI, 1931/2012, p. 94 – nossa tradução), é que são indicados novos princípios para análise das funções psicológicas superiores. Tal construção metodológica requereria do pesquisador, estudar os fenômenos como processos em movimento e em mudança, retomando, dessa maneira, a questão da historicidade na seguinte perspectiva:

Quando em uma investigação abarca-se o processo de desenvolvimento de um fenômeno em todas as suas fases e mudanças, desde que surge até que desapareça, isso implica explicitar a sua natureza, conhecer sua essência, já que somente em movimento demonstra o corpo que existe. Assim, a investigação histórica da conduta não é algo que complementa ou ajuda o estudo teórico, senão que constitui seu fundamento (VIGOTSKI, 1931/2012, p. 67 – 68 – nossa tradução).

Essa postura revela uma concepção histórica que exigiria a ênfase na análise do processo e não do produto. Isto é, a tarefa do pesquisador estaria em construir uma compreensão histórica dos fenômenos em sua formação, não focalizando estritamente o produto do desenvolvimento, mas o processo de estabelecimento das relações que o constitui.

Ademais, em sua obra, Vigotski não dissocia método e teoria, de tal forma que os estudos metodológicos não estão presentes apenas em textos que revelam no próprio título

a discussão sobre o tema, mas também, em textos de explanação teórica. Desse modo, tal como seus seguidores apontam (como, por exemplo, PINO, 2005; ZANELLA et al, 2007; MOLON, 2008; MARTINS, 2013), nas obras do autor, teoria e método possuem relação inextricável e a construção do método amplia-se na reflexão teórica.

O método, desta forma, é abordado por Vigotski (1931/2012, p. 47 – nossa tradução) como constitutivo e indispensável de todo o processo de produção de conhecimento: “em qualquer nova área a investigação começa forçosamente pela busca e elaboração do método”. Pesquisar novos fenômenos conduziria inevitavelmente, na visão do autor, a novas metodologias, demonstrando uma relação bastante estreita entre método e objeto de estudo. Por isto, mesmo que se articulem de forma paralela, elaboração de problema e método se devolvem simultaneamente, convertendo o método como princípio e produto, ferramenta e resultado de investigação, enfim, como parte integrante da pesquisa, conforme o próprio autor explicita:

Existem dois procedimentos metodológicos distintos para as investigações psicológicas concretas. Em um deles a metodologia de investigação se expõe separadamente da própria investigação. Em outro, está presente em toda a investigação. Poderíamos citar vários exemplos de um e de outro. Alguns animais – os de corpo mole – levam seu esqueleto externamente assim como o caracol leva a concha; outros têm seu esqueleto dentro, internamente. Esse segundo tipo de estrutura nos parece superior não somente para os animais como também para as monografias psicológicas e por isso a escolhemos (VIGOTSKI, 1931/2012, p. 28 – nossa tradução).

Tal entendimento nos indica, assim como Molon (2008) pontua, que o método pode ter seus critérios estabelecidos durante o próprio processo de investigação. O método articula, de modo explícito ou implícito, os percursos de construção da pesquisa que vão desde a escolha de objeto até as possibilidades de análise e as reflexões possíveis. É por esta razão que na introdução desta tese recorreremos àqueles pressupostos, tais como mediações pedagógicas ou interações dinâmicas em processos de elaboração conceitual compartilhada, para explicitar nosso objetivo e questão norteadora, já que o referencial teórico e método de pesquisa estão diretamente ligados ao objeto e ao problema de investigação.

Nesse contexto, a compreensão que expressamos sobre pesquisa concorda com o entendimento de Molon (2008) de que as investigações acontecem nas práticas sociais, nas quais o método não só influencia o modo como circunscrevemos nosso problema de

pesquisa, mas, também, orienta o modo como olhamos para o objeto nas relações indissociáveis entre sujeito e realidade. Assim, a pesquisa é concebida:

[...] como uma atividade humana mediada socialmente, ou seja, como uma prática social, política, ética e estética que visa à criação de um novo conhecimento, produzido e apropriado com inventividade e rigor científico, que implica necessariamente a transformação de algo, quer seja nos sujeitos envolvidos direta e indiretamente, quer seja nos objetos de estudo pesquisados (MOLON, 2008, p. 57).

Para tal interpretação, é imposto o desafio de se buscar as relações entre os fragmentos que compõem o todo, privilegiando movimentos e transições que caracterizem uma compreensão integral do fenômeno:

[...] o próprio sentido da análise deve ser modificado em sua raiz. Sua tarefa principal não é decompor o todo psicológico em partes e inclusive em fragmentos, mas sim destacar do conjunto psicológico integral determinados traços e momentos que conservem a primazia do todo (VIGOTSKI, 1931/2012, p. 99-100 – nossa tradução).

Assim, o foco nas relações é de fundamental importância, pois a partir da concepção de história assumida na abordagem histórico-cultural, o processo de análise dos fenômenos focaliza, ao mesmo tempo, os movimentos dos participantes nas relações que estes estabelecem e as condições de produção dessas relações que podem promover novas possibilidades de desenvolvimento para os sujeitos (ZANELLA *et al*, 2007).

Destarte, a metodologia que está posta permite conhecer o fenômeno pelas causas, buscando compreender sua gênese, investigando-o em seus processos de mudança. O método é entendido, portanto, em termos genético, reflexivo, dialético e histórico, assim como Molon (2008, p. 60) define:

[...] o método é simultâneo ao conhecimento e as suas regras não são arbitrárias, mas sim integradas aos fenômenos psicológicos; por conseguinte, ocorre a desfeticização do método, já que o conhecimento não está contido nem no fenômeno investigado nem no instrumento metodológico; tampouco é algo transcendental ou mera descrição, é algo concreto que se descobre no processo de investigação, na mediação entre teoria e método, sujeito e objeto, sujeitos e realidade.

E esta rigorosa articulação entre teoria e empiria em torno de um problema de pesquisa é o que legitima e reafirma a confiabilidade à investigação desta natureza. Pino (2005) destaca 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, devendo existir coerência entre o método adotado e a posição teórica do pesquisador. Por esta razão, ao discutir a natureza da presente pesquisa na primeira seção

deste capítulo, indicamos a importância da articulação teórico-metodológica, no sentido de se considerar que o conhecimento produzido pela pesquisa não está nem no instrumento metodológico, tampouco no fenômeno, superando a descrição. Como aponta Molon (2008, p. 60), o conhecimento é produzido “no processo de investigação, na mediação entre teoria e método, sujeito e objeto, sujeitos e realidade”.

Ainda sobre as diretrizes do método em termos de construção de análises, destacamos e assumimos dois princípios elencados por Vigotski (1931/2012):

O primeiro se refere à defesa de uma *análise do processo em oposição à análise do objeto*. Para o autor a ideia de processo é equivalente à ideia de gênese histórica do fato pesquisado e a principal tarefa do pesquisador estaria em apresentar a interpretação do fenômeno que parta do processo aos seus momentos isolados e não do objeto as suas partes, entendendo-o como um processo em movimento e convertendo o objeto em processo: “[...] se no lugar de analisar o objeto, analisássemos o processo, nossa principal missão seria, como é natural, a de restabelecer geneticamente todos os momentos de desenvolvimento do dito processo” (VIGOTSKI, 1931/2012, p. 101 – nossa tradução).

Esse direcionamento metodológico, na visão de Pino (2005) e Zanella *et al* (2007), inaugura na psicologia uma visão dinâmica e histórica do psiquismo e do sujeito que busca na gênese do fato sua natureza e significação. O fenômeno, nessa perspectiva, é estudado na emergência de seu próprio desenvolvimento histórico, sendo compreendido não como algo é, mas como algo que foi e está sendo: como um processo.

O segundo princípio diz respeito à *análise explicativa e não meramente descritiva*. Para o autor, a verdadeira missão da análise científica é evidenciar as relações e nexos dinâmico-causais que constituem o fenômeno e, para tal, são necessárias explicações científicas que alcancem sua dinâmica histórica ou essência e não somente descrições do ponto de vista concreto ou aparente. Sobre essa assertiva, Vigotski (1931, 2012, p. 103 – nossa tradução) argumenta que: “A análise fenomenológica ou descritiva toma o fenômeno tal como é externamente e supõe com toda ingenuidade que o aspecto exterior ou a aparência do objeto coincide com onexo real, dinâmico-causal que constitui sua base”.

Assim, seu interesse está, pelo contrário, num modo de analisar que ultrapasse os aspectos imediatamente disponíveis e permita entender o objeto de estudo em sua historicidade de relações que o constituiu (PINO, 2005; ZANELLA et al, 2007).

De forma extremamente sintética, como Pino (2005) conclui sobre as posturas metodológicas evidenciadas, podemos dizer que a abordagem histórico-cultural implica o

estudo de processos orientado por uma análise histórico-genética, dialética e interpretativa. Assim, assumir os pressupostos dessa abordagem numa investigação de processos de elaboração de conhecimentos para superar concepções simplistas de futuros professores de Química sobre docência e empiristas/positivistas de experimentação e de ciência, dá suporte a uma metodologia que permite não só evidenciar as características desse processo, mas também, trabalhar e intervir nele.

Diante do exposto, na seção seguinte apresentamos os sujeitos participantes na pesquisa, detalhamos os procedimentos de coleta dos dados e, ao final do capítulo, como foram construídos e analisados.

4.2. Contexto e sujeitos da investigação

4.2.1. O contexto de produção da pesquisa

Como descrito na Introdução, a presente tese foi desenvolvida num contexto de formação inicial docente em Química. O trabalho de campo realizado⁸ visando responder à questão norteadora e sustentado pelos pressupostos teóricos anteriormente discutidos ocorreu durante dois semestres em disciplinas voltadas às práticas pedagógicas para o ensino de Química, ministradas para alunos dos 7º e 8º semestres do último ano do curso de Química-Licenciatura de uma universidade confessional situada no interior do Estado de São Paulo. A professora responsável foi também a orientadora desta tese durante os três primeiros anos de pesquisa (é a atual co-orientadora desta pesquisa) e eu acompanhei seu trabalho docente como monitor, enquanto realizava o estágio docência. Nesse sentido, mais do que observar o desenvolvimento das aulas, eu também intervinha na orientação dos trabalhos e discussões propostas, coparticipando da prática pedagógica que era por ela desenvolvida.

Sobre esse processo, posso destacar que a prática docente e a prática de pesquisa foram articuladas, pois planejamos juntos cada atividade da estratégia formativa, tendo no horizonte comum os fundamentos teórico-metodológicos assumidos neste estudo. Nessa

⁸ O presente projeto de investigação foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa – UNIMEP, sob o protocolo número 115/2016, estando de acordo com a Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde/MS, de 12/12/2012. O certificado de aprovação da pesquisa está anexado.

perspectiva, as atividades elaboradas são, a um só tempo, procedimentos de investigação e de formação, momentos de aprendizagem e análise. Assim, a dinâmica de minha participação nas aulas, como pesquisador e aprendiz de formador de professores não se esgota em si mesma, na medida em que podemos atribuir a esse processo de responsabilidade compartilhada, um caráter de transformação dos participantes e de mim mesmo, visto que eu tinha autonomia de intervir no contexto em que a formação e a pesquisa se realizaram.

A escolha pelas disciplinas de Resolução de Problemas I e II se deu pelos seus próprios lugares e função no referido curso. Ao se configurarem como disciplinas pedagógicas, enfatizando abordagens de tópicos ligados ao ensino de conteúdos químicos escolares, têm como objeto a própria atividade docente em química. Tais características possibilitaram a proposição da estratégia formativa desenvolvida com futuros professores de química, uma vez que dentro da estrutura curricular do curso, revelavam-se como espaços pertinentes para discussões sobre como ensinar conteúdos químicos, possibilitando-lhes a promoção de aprendizagens sobre seu papel mediador em processos de ensino de química. Nesse contexto, é assim que a professora formadora apresentou a disciplina I no início da primeira aula:

*Nessa disciplina, Resolução de Problemas I, o problema norteador é como trabalhar com o pensamento do aluno, como ensinar conhecimento químico escolar, tá? Espero que vocês se lembrem de Práticas I⁹ de que o aluno não é uma tábula-rasa, certo? Por isso, é que se justifica a necessidade de se levar em consideração, seriamente, as ideias dos alunos e, nós, em nossa perspectiva de professores, temos que aprender a lidar com essas ideias: **Como é que a gente ensina levando em conta as ideias dos alunos?** Por isso, a gente precisa aprender a trabalhar com esse tipo de pensar e, uma das estratégias importantes, tanto para a gente detectar como os alunos pensam, como ensinar química, é por meio dessas experimentações que eu estou chamando de experimentações investigativas*

[trecho da aula 1, na primeira etapa da estratégia].

Conforme podemos apreender por essa fala da professora formadora, fica evidenciado que o objetivo da disciplina é o de aprender a lidar com ideias dos alunos para ensinar conceitos químicos. Tal afirmação revelou aos estudantes um trabalho formativo que levaria em consideração elementos ligados às necessidades de como tornar um

⁹ Ao citar “Práticas I”, a professora se referia à disciplina oferecida no primeiro ano do curso, também ministrada por ela para essa mesma turma.

conteúdo ensinável, envolvendo revisões conceituais, concepções de aluno e de atividades investigativas que sustentariam as atividades propostas.

Propor a elaboração dos guias experimentais investigativos aos licenciandos visava colocá-los diante do desafio de criar orientações para interpretar um experimento levando em consideração as três contribuições de pesquisas (a função da experimentação investigativa no ensino, a articulação entre os três níveis de conhecimento químico e o conceito de mediação pedagógica). Desta maneira, foram objeto de construção, no e pelo guia, i) possíveis formas de orientação do pensamento dos alunos, auxiliando-os na elaboração de conhecimentos químicos escolares; ii) que a interpretação fosse sugerida de forma investigativa; e iii) que se considerasse a articulação dos três níveis de conhecimento químico (fenomenológico, representacional e teórico-conceitual).

Para a elaboração dos guias, propusemos, ao longo do semestre, um cronograma de atividades que dessem subsídio à tarefa posta. Todavia, a estratégia não foi construída exclusivamente *a priori*, na medida em que, ao longo do próprio processo, novas atividades foram sendo inseridas de acordo com as dificuldades e necessidades de readequações que os licenciandos iam nos apresentando.

As aulas no primeiro semestre ocorreram às segundas-feiras no período noturno e as do segundo semestre às terças-feiras no mesmo período e horário. Em ambos os semestres a duração das aulas era de aproximadamente 1 hora e 30 minutos. O ambiente das salas era bastante espaçoso e com capacidade para 60 alunos, mas como as turmas não passavam de 20 alunos, tínhamos a oportunidade de, durante as discussões, organizar as carteiras em um semicírculo. Essa disposição da sala era atípica para os alunos, mas a professora formadora insistia nisso por acreditar que propiciaria maior interação dos alunos e conosco durante as leituras e explicações dos textos discutidos em sala. Nas primeiras semanas eles demoravam para se organizar, mas com o passar do tempo, foram se acostumando a organização de tal forma que quando chegávamos as carteiras já estavam posicionadas em semicírculo.

O primeiro semestre contou com 15 encontros, sendo que todas as aulas foram áudio-gravadas por mim. Além disso, fiz uso de um caderno de campo, no qual anotava os temas de cada aula e acontecimentos que me chamavam atenção como, por exemplo, as concepções que os alunos traziam, as dificuldades que apresentavam ou, até mesmo, aspectos mais gerais das interações que se estabeleciam.

No segundo semestre, por ocasião de feriados e de atividades que a Universidade promovia - Semanas de Estudos e Eventos Científicos que contavam como dias letivos - tivemos 13 encontros. À semelhança do primeiro semestre, o gravador e o caderno de campo estiveram presentes em todas as aulas.

No que tange à minha presença nas aulas, já não era algo incomum para os licenciandos. Desde o ano anterior, eu acompanhava a professora formadora e por já ter realizado estágio docência com aquela mesma turma em outra disciplina, os alunos já estavam acostumados comigo, com minhas intervenções e participação durante as aulas. De início, a única coisa que lhes chamava a atenção era a presença do gravador, pois durante o começo das primeiras aulas, muitas vezes, antes de falar os alunos olhavam para ele. Todavia, com poucos minutos de aula, já não aconteciam mais inibições em função da presença do aparelho e com o passar das aulas, algumas vezes, os próprios alunos me lembravam de ligá-lo.

A seguir, trazemos um quadro cronológico que sintetiza as atividades que compuseram a estratégia formativa desenvolvida:

Semestre	Etapa	Aulas	Atividade	Registro
1º	I	1	Apresentação da disciplina.	Registro em caderno de campo e áudio-gravação da aula.
		2, 3 e 4	Leitura e discussão de textos sobre experimentação investigativa.	Registro em caderno de campo e áudio-gravação das aulas.
	II	5 e 6	Aula modelo: abordagem de um experimento investigativo.	Registro em caderno de campo e áudio-gravação das aulas.
	III	7	Apresentação e explicação do guia que serviu de modelo para os licenciandos.	Registro em caderno de campo e áudio-gravação da aula.
	IV	8, 9, 10 e 11	Os licenciandos escolheram os temas químicos para os guias. Nessas aulas eles trabalhavam em duplas e íamos de carteira em carteira para auxiliá-los (esclarecimento de dúvidas em relação aos guias).	Registro em caderno de Campo.

		12, 13 e 14	Os licenciandos apresentam os guias e nós sugerimos correções	As apresentações foram áudio-gravadas.	
		15	Fechamento das notas e avaliação da disciplina.		
2º	IV	1 e 2	Retomada da discussão dos guias. Fomos de carteira em carteira devolvendo os guias corrigidos e retomando as sugestões que demos nas apresentações que ocorreram no primeiro semestre.	Registro em caderno de Campo.	Etapa VI - Entrevistas áudio-gravadas e realizadas com as duplas na universidade depois das aulas (entre setembro e novembro).
	V	3 e 4	Discussões sobre a estrutura conceitual de temas químicos por meio de mapas conceituais.	Registro em caderno de campo e áudio-gravação das aulas.	
		5 e 6	Os licenciandos elaboram mapas conceituais sobre os temas químicos experimentais. Durante essas aulas nós íamos de carteira em carteira esclarecendo dúvidas.	Registro em caderno de campo.	
		7	Os licenciandos reelaboram os guias experimentais.	Registro em caderno de campo.	
		9, 10 e 11	Os licenciandos apresentam os mapas conceituais e a segunda versão dos guias.	As apresentações foram áudio-gravadas.	
		12	Prova.		
		13	Finalização da disciplina.		

Deste quadro destacamos, inicialmente, que na primeira aula foram apresentados os objetivos da disciplina e as atividades que seriam desenvolvidas. Ainda nessa aula, explicamos o motivo da minha presença, porque as aulas seriam gravadas e, além de convidá-los para participação voluntária na pesquisa, pedimos permissão para as gravações.

Após essa caracterização inicial, apresentamos o modelo abaixo que foi usado na segunda e terceira etapas da estratégia formativa e que foi elaborado por mim e pela professora formadora:

Guia experimental sobre o conceito de mobilidade iônica

Este é um roteiro de orientação do trabalho do professor. Nele são apresentadas sugestões ao professor de como orientar o pensamento do aluno para que ele formule hipóteses à luz de conceitos científicos articulando teoria-experimento. Os escritos em vermelho são questões e informações químicas que o professor deve colocar a seus alunos, enquanto os escritos em azul

referem-se a conceitos que orientam o pensamento do aluno, levando-o a explicar o fenômeno. É importante ressaltar que tais sugestões foram elaboradas no esforço de auxiliar o aluno a interpretar o fenômeno à luz de outros conceitos químicos, extrapolando, assim, o que o nível macroscópico pode nos informar. É objetivo, portanto, promover a articulação macroscópico-microscópico.

1º Momento: apresentação do fenômeno a ser investigado.

Em uma placa de Petri com água foram adicionados às suas extremidades os sais $\text{NaI}_{(s)}$ (iodeto de sódio) e $\text{Pb}(\text{NO}_3)_{2(s)}$ (nitrato de chumbo). Ambos os sais são de cor branca. Após alguns instantes, surgiu um precipitado amarelo ($\text{PbI}_{2(s)}$ – iodeto de chumbo) no meio da placa de Petri conforme ilustrado pela figura 1. O mesmo procedimento foi realizado em sistema fechado (frasco com tampa) sem adição de água, com a constatação de que não ocorreu formação de nova substância, conforme descrito pela figura 2.

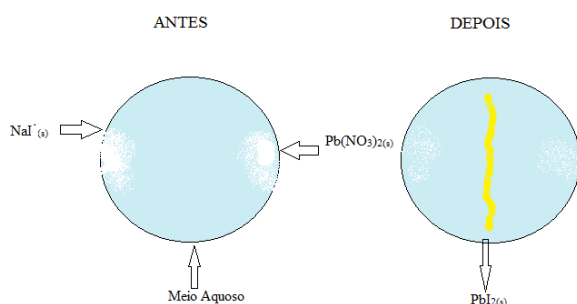


Figura 1: Ilustração do primeiro procedimento

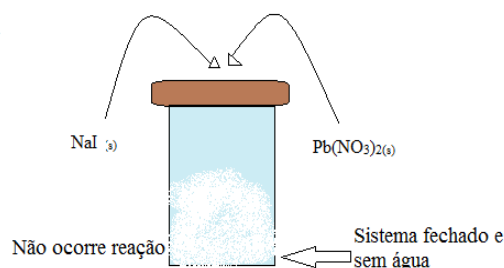


Figura 2: Ilustração do segundo procedimento

Depois da demonstração é importante que você questione seus alunos no sentido de incentivá-los a pensar sobre o que está ocorrendo e como eles poderiam explicar este fenômeno. Você pode problematizar a discussão a partir das seguintes questões:

Quais são as mudanças macroscópicas que vocês perceberam? Na placa de Petri ocorreu a formação de nova substância ($\text{PbI}_{2(s)}$) e no frasco não, por quê? Qual é a equação que representa a reação ocorrida? Quais são as ideias teórico-conceituais necessárias para explicarmos o que está acontecendo? Responda tais questões preenchendo a seguinte tabela:

Fenomenológico	Representacional	Teórico-conceitual

Professor, dê um tempo (indicamos 5 minutos) para que seus alunos discutam, em grupos, estas questões e para que você possa orientar a interpretação deste fenômeno a partir das ideias de seus alunos.

2º Momento: a interpretação do fenômeno.

Professor, apesar de você não poder indicar aos seus alunos o objetivo desta aula (elaboração do conceito de mobilidade iônica), você precisa conhecê-lo e, mais do que isto, ter noção de quais conceitos teóricos seus alunos precisam ter domínio e se orientar para interpretar o fenômeno. Sugerimos que, na retomada da discussão, oriente seus alunos a pensar na diferença entre os dois procedimentos (a presença da água em um e no outro não) e a partir disto como a água interagiu com os sais. Para tanto, é interessante orientá-los a pensar sobre o tipo de ligação química que forma tais sais. Assim, você pode auxiliar o aluno a pensar o fenômeno a partir de dois conceitos: ligação iônica e solvatação. Sugerimos as seguintes questões norteadoras:

Qual é a principal diferença entre um procedimento e outro? Há água nos dois recipientes? Para analisarmos o modo como a água interage com os reagentes, vamos pensar: Qual é o tipo de ligação química que forma esses reagentes? Sabendo o tipo de ligação que forma tais reagentes, como a água interage com eles?

Professor, neste ponto é importante que se represente a solvatação dos íons para que os alunos comecem a pensar na existência de íons livres em solução aquosa. Peça aos alunos, também, que eles escrevam as equações que representam a dissociação iônica: $\text{NaI (s)} \rightarrow \text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{I}^-_{(\text{aq})}$
 $\text{Pb(NO}_3)_2(\text{s}) \rightarrow \text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{NO}_3^-_{(\text{aq})}$

Pensando a respeito dos íons livres em solução é interessante, agora, que os alunos sejam orientados a pensar em movimentação dos íons: Sabendo que os sais foram depositados nas extremidades e, que por meio da interação com a água, esses íons ficaram livres em solução, como explicar o fato do precipitado ter aparecido no meio da placa?

Quando os alunos percebem que os íons se movimentaram na solução, você pode solicitar que eles escrevam a equação que representa a reação: Sabendo que o precipitado amarelo é o iodeto de chumbo ($\text{PbI}_2(\text{s})$), quais são as espécies envolvidas na sua formação?

Oriente os alunos no sentido de que eles consigam indicar quais íons participam da reação escrevendo, assim, a equação iônica que representa o processo: $\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{I}^-_{(\text{aq})} \rightarrow \text{PbI}_2(\text{s})$.

3º Momento: retomada da tabela que traz os três níveis de conhecimento químico

Professor, neste momento você retoma a tabela, sistematizando os conhecimentos teóricos que eles utilizaram para explicar o fenômeno, as equações químicas que representam o processo e quais as mudanças macroscópicas que eles visualizaram:

Fenomenológico	Representacional	Teórico-conceitual
Formação de precipitado amarelo.	$\text{NaI}_{(\text{s})} \rightarrow \text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{I}^-_{(\text{aq})}$ $\text{Pb(NO}_3)_2(\text{s}) \rightarrow \text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{NO}_3^-_{(\text{aq})}$ $\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{I}^-_{(\text{aq})} \rightarrow \text{PbI}_2(\text{s})$	Ligação iônica; Dissociação iônica; Solvatação; Mobilidade iônica.

Outro destaque no quadro cronológico apresentado, refere-se à última etapa do trabalho de campo: realização de entrevistas semiestruturadas com os futuros professores. Essas, ocorreram após as aulas, durante os meses de setembro e novembro. Neste segundo semestre, a turma tinha apenas as duas primeiras aulas conosco, contando com o segundo tempo livre, por isso, todas as entrevistas aconteceram em uma sala de aula vazia, na própria universidade. Como só ficávamos eu e os entrevistados, raras foram as vezes que tivemos interrupções; além disso, por ser um ambiente ao qual os alunos estavam familiarizados, todos, sem exceção, pareceram bastante à vontade durante as entrevistas. Esclareço, ainda, que as entrevistas foram realizadas com uma dupla por vez.

No que tange à entrevista semiestruturada, podemos defini-la como um tipo de procedimento que “combina perguntas fechadas e abertas, em que o entrevistado tem a possibilidade de discorrer sobre o tema em questão sem se prender à indagação formulada” (MINAYO, 2012, p. 64). O uso de entrevistas se mostra relevante para a temática estudada na medida em que, como explicita Miguel (2010, p. 3), é um instrumento de inter-relacionamento humano que permite: “buscar tentativas de compreender a experiência de outras pessoas e os significados que elas atribuem a essas experiências”.

Portanto, desde a elaboração das questões até a realização da entrevista propriamente dita, nossa maior preocupação foi a de possibilitar condições para que os licenciandos, a partir de suas experiências na elaboração dos guias experimentais, pudessem expor suas concepções sobre docência, experimentação e ciência, bem como as aprendizagens e dificuldades promovidas pelas atividades propostas. As questões das entrevistas foram as seguintes:

- 1) Por que você escolheu esse curso? Você pretende ser professor/a?
- 2) Como foi a experiência de elaborar o guia experimental?
- 3) Quais foram as principais dificuldades? Por quê?
- 4) O que tais guias trazem de diferente para o ensino de química?
- 5) Esse guia se diferencia dos guias experimentais que você recebeu durante o curso?
Como você vê isso?
- 6) Se são diferentes, comparando os dois tipos, você, como um provável futuro professor adotaria qual? Por quê?
- 7) Por que você acha que os guias enfatizam tanto a articulação dos três níveis de conhecimentos químicos?
- 8) Qual a contribuição dessa articulação enfatizada nos guias?

9) Você acha que o guia comprova a teoria na prática?

10) A elaboração e discussão de tais guias contribuiu para a sua formação? Se sim, em quê?

Ainda sobre as entrevistas, destaco que toda a conversa foi desenvolvida em tom amistoso e informal, de forma a não deixar que os futuros professores se sentissem em situação de teste e/ou avaliação. Ademais, na medida que eu problematizava os guias produzidos pela dupla e compartilhávamos conhecimentos, as entrevistas, conforme será possível apreender pelas análises, também podem ser caracterizadas como momentos de (re)elaboração.

4.2.2. Os sujeitos da investigação

Apesar de se tratar de uma mesma turma, o número de alunos variou: as disciplinas foram Resolução de Problemas I e II, as quais contaram com 20 e 16 alunos respectivamente. Como todo o desenvolvimento da estratégia formativa foi realizado com os alunos divididos em duplas, destacamos que, ao todo, 12 alunos (6 duplas) participaram de todas as atividades propostas, os quais tornaram-se os participantes voluntários da presente pesquisa. Os 12 licenciados receberam nomes fictícios para que suas identidades fossem resguardadas e são apresentados a seguir:

Dupla 1	
Alice	Fez curso técnico em Química e já trabalhou em laboratório. Não gostou muito da experiência nesse trabalho: “ <i>eu não gostei muito, porque é uma atividade que eu faço todo o dia a mesma coisa</i> ” ¹⁰ , por isso pretende ser professora.
Ágata	A participação em uma atividade de férias voltada para o ensino médio oferecida pela Universidade, foi decisiva para sua escolha pela química: “ <i>eu vim aqui fazer a escola de inverno e me encantei com o laboratório. Comecei o curso e estou aqui até hoje!</i> ”. Pretende trabalhar na indústria.
Tema Químico escolhido: Oxido-redução ¹¹	

Dupla 2	
Bárbara	Possui curso técnico em Química e trabalha no laboratório ligado à Pós-Graduação de uma Universidade Pública. O plano inicial ao entrar no curso era ser professora de curso superior. Contudo, no último ano da graduação optou por auxiliar o marido em seu negócio e pretende se especializar em administração: “ <i>Meu plano, agora não é</i>

¹⁰ As falas dos estudantes, aqui transcritas, provêm das entrevistas.

¹¹ Como será informado mais adiante, cada dupla escolheu um tema químico para elaborar os guias experimentais investigativos. Todavia, optei por indicá-los já na apresentação das duplas.

	<i>dar aulas. Mas eu terei uma graduação em Química, eu gosto de Química e, também, gosto de alunos... entendeu? Se essa parte administrativa não der certo eu corro pra Química”.</i>
Beatriz	Se encantou pela química por causa de uma professora do ensino médio: <i>“mas na verdade eu me encantei pela química, não pela docência”</i> . Apesar de ter ingressado no curso com o objetivo de trabalhar na indústria, durante o estágio supervisionado decidiu lecionar. Quando terminar o curso pretende fazer mestrado na Universidade Pública em que desenvolve estágio no laboratório.
Tema Químico escolhido: Oxido-redução	

Dupla 3	
Hebe	É técnica em Química e faz iniciação científica em laboratório ligado à Pós-Graduação de uma Universidade Pública. Pretende se dedicar à pesquisa em Química, prestando processo seletivo para o mestrado no próximo ano. Não escolheu o curso por ser licenciatura, mas por ser a opção ligada à Química mais próxima de sua casa. Apesar disso, após o estágio decidiu ser professora de ensino superior: <i>“acho que quando a gente começa a vivenciar o estágio... sabe aquela picadinha?”</i>
Flora	É técnica em radiologia e optou pelo curso por causa do trabalho. Afirma que sua intenção é continuar na indústria e fazer engenharia, mas revela uma pequena vontade de lecionar: <i>“nunca tive intuito de lecionar, sempre trabalhar em indústria mesmo. Mas no final dá uma vontadezinha... [...] Faz parte dos planos ser professora, mas não agora, mais pra frente. Agora eu vou fazer engenharia química”</i> .
Tema Químico escolhido: Solubilidade	

Dupla 4	
Júlio	Professor há um ano e meio do ensino médio lecionando Química e para o fundamental lecionando matemática. Segundo ele <i>“eu caí de paraquedas”</i> ao explicar que o incentivo pelo curso de licenciatura veio de um professor da Universidade que foi proferir uma palestra na escola onde estudava. Pretende continuar a trabalhar como professor, mesmo reconhecendo os desafios da profissão: <i>“sabe, eu já fui professor de química, matemática, física, ciências, geografia, educação física... e eu achava professor chato. Ser professor é muito difícil!”</i>
Leonardo	É técnico em química. Iniciou o curso de engenharia química, mas não concluiu e depois optou pelo curso atual, mas não pretende ser professor, quer trabalhar na indústria: <i>“aula pra mim está num plano mais futuro, agora é mais aula eventual”</i> .
Tema Químico escolhido: Modelo Corpuscular da Matéria	

Dupla 5	
Sidney	É técnico em Química e trabalha numa indústria prestadora de serviços químicos. Escolheu a licenciatura por ser uma formação em Química mais barata em relação as outras opções que ele tinha e

	porque gosta de “algumas coisas de humanas”. Não pretende ser professor: “ <i>ser professor é padecer no inferno!</i> ”.
Augusto	É formado em logística e trabalha em uma indústria química. Escolheu a licenciatura por sentir falta de uma “base química” e pela possibilidade de ter uma formação que abra dois campos de trabalho, mas não pretende trabalhar como professor: “ <i>pra ser bem sincero: não! Até porque a gente sabe das dificuldades que é ser professor hoje, infelizmente</i> ”.
Tema Químico escolhido: Oxido-redução	

Dupla 6	
Miguel	É técnico em química e escolheu o curso sem ter muita certeza: “ <i>a gente não tá maduro pra decidir a vida com 18 anos</i> ”. Diz que descobriu durante o curso o que queria fazer e vai fazer outra graduação quando terminar a atual. Não pretende ser professor.
Roni	É formado em técnico em química e sempre teve intenção de trabalhar em laboratório, escolheu o curso pelas atribuições para trabalhar neste ramo. Nunca teve intenção de trabalhar como professor: “ <i>o curso de licenciatura não era o que eu esperava, o ramo do ensino não é o meu</i> ”.
Tema Químico escolhido: Reversibilidade nas reações químicas	

4.3. Procedimentos de construção e análise de dados

Nesta seção descrevemos o processo de construção e análise de dados desta tese, o qual buscou investigar se, e como, os licenciandos (re) elaboraram suas concepções sobre docência, experimentação e ciência, à luz de contribuições de pesquisas (experimentação investigativa, articulação entre os três níveis de conhecimento químico e mediações pedagógicas) que fundamentaram a estratégia formativa com eles desenvolvida.

Nesse sentido, três fontes de informações foram utilizadas para construir os dados que evidenciassem concepções dos licenciandos sobre aqueles temas: releituras das transcrições de aulas, para captar suas falas e perguntas, bem como por parte da professora formadora e deste pesquisador; de suas entrevistas, excertos esses que são apresentados em itálico neste trabalho; e, principalmente, da análise das duas versões do guia experimental por eles elaboradas.

Tais fontes, por sua vez, são utilizadas no desenvolvimento de três etapas de construção e análise de dados: i) identificação de concepções iniciais, manifestadas nas falas dos licenciandos, nas primeiras aulas da estratégia formativa sobre aqueles três temas; ii) caracterização destas concepções, por meio de análise dos guias experimentais produzidos e de possíveis mudanças constatadas pelo confronto das duas versões por eles

elaboradas; iii) depoimentos sobre suas aprendizagens e dificuldades durante a estratégia formativa com eles desenvolvida.

As análises dos dados são apresentadas, à luz dos referenciais teóricos abordados nos capítulos anteriores, sendo que as duas primeiras etapas são contempladas no capítulo 5, enquanto a terceira é exposta no capítulo 6, para ressaltar, também, a importância de serem desenvolvidos modelos de ensino mais adequados na formação inicial de professores de Química.

Desta forma, para identificar se as concepções iniciais dos licenciandos sobre docência, experimentação e ciência eram respectivamente, simplista, comprovativa e positivista/empirista, nos apoiamos em releituras de transcrições de suas falas nas aulas iniciais que abordaram tais temas como, também, na primeira versão de seus guias experimentais produzidos. Nessa, em particular, procuramos identificar os seguintes aspectos: i) se, e como, problematizaram a experiência no sentido de a conceberem investigativa ou comprovativa; ii) quais questões propuseram, ou não, na perspectiva de orientar o pensamento do aluno para interpretá-la, ao invés de comprová-la; iii) quais conceitos químicos foram, ou não, por eles retomados e introduzidos para promover a elaboração do novo conceito necessário à interpretação do fenômeno químico sob investigação, evidenciando maior, ou menor, clareza sobre a estrutura e a articulação conceituais nelas envolvida.

Assim procedendo, julgamos poder identificar como se manifestaram as concepções dos futuros professores de Química sobre docência, experimentação e ciência e nelas encontrar possíveis (re)elaborações, promovidas pelo processo da estratégia formativa desenvolvida junto a eles.

No entanto, na medida em que tal estratégia demandou a (re)elaboração do guia experimental pelas equipes de licenciandos, ao constatarmos, pelo confronto entre as duas versões produzidas, a manutenção de mesmas concepções, tal procedimento nos justificou o descarte de uma análise detalhada de tais guias, principalmente por não propiciarem novas contribuições para esta pesquisa, evitando, também, repetições que ampliariam, desnecessariamente, o presente texto. Por tal razão, no próximo capítulo, nem todas as duas versões dos guias elaborados pelas seis duplas de licenciandos são detalhadamente analisadas, embora sejam, inicialmente, comentadas.

Quanto à construção de dados para a terceira, e última etapa de análise desta tese, visando corroborar os indícios de possíveis (re)elaborações de concepções sobre docência,

experimentação e ciência, identificadas e analisadas no capítulo 5, nos apoiamos, fundamentalmente, em depoimentos extraídos de transcrições das entrevistas junto aos licenciandos, para apontar suas principais dificuldades e aprendizagens frente à estratégia formativa com eles desenvolvida. Procedendo desta forma, não visamos avaliá-la, mas sim, dimensioná-la, em suas potencialidades, como possível contribuição à superação de questões cruciais na formação inicial de professores de Química.

Assim, destacamos que, mais do que construir respostas à nossa questão de investigação, entendemos que contribuições das análises especificadas estão na possibilidade de acenar para novos questionamentos e possibilidades de intervenções naquela formação e no campo de investigação da Educação Química. Em outras palavras, é em diálogo com e para esse campo que pretendemos construir as análises, entendendo que “toda pesquisa é, pois, uma tomada de posição na tensa arena que podemos nomear como circuito da ciência” (ZANELLA, 2014, p. 183).

Capítulo 5 – (Re)elaborações conceituais dos futuros professores

Neste capítulo, nosso objetivo é analisar as (re)elaborações dos licenciandos sobre os conceitos de ciência, experimentação, articulação dos três níveis de conhecimento químico e docência promovidas pela estratégia formativa com eles desenvolvida e pelo processo de construção dos guias. Para tanto, o presente capítulo está organizado em duas seções.

A primeira, por sua vez, está dividida em duas partes, onde, inicialmente analisamos as concepções prévias que os futuros professores apresentavam sobre experimentação e ciência por meio de diálogos de aulas. Em seguida, discutimos suas concepções iniciais sobre a articulação dos três níveis de conhecimento químico, por meio de trechos de entrevista e de aula.

A seção subsequente é dedicada à análise dos guias experimentais elaborados por três duplas de licenciandos (duplas 1, 2 e 3), vez que as duplas 4 (Júlio e Leonardo) e 6 (Miguel e Roni), apesar de terem apresentado oralmente a segunda versão do guia, não as entregaram impressas, enquanto a dupla 5 (Sidney e Augusto) entregou a segunda versão idêntica à primeira, inviabilizando suas respectivas análises.

Tais esclarecimentos evidenciam que (re)elaborações conceituais, por parte dos licenciandos, puderam ser analisadas por meio de modificações constatadas pelo confronto entre as duas versões dos guias apresentadas, conforme apontado no item 4.3 do capítulo metodológico.

Desta forma, na segunda seção do presente capítulo, investigamos o processo de construção dos guias experimentais sobre oxido-redução das duplas 1 (Ágata e Alice) e 2 (Bárbara e Beatriz) para apreender, de forma minuciosa, as possíveis (re)elaborações sobre os conceitos de experimentação investigativa, ciência e docência. Em seguida, analisamos o processo de construção do guia experimental sobre solubilidade da dupla 3 (Hebe e Flora), buscando explorar (re)elaborações sobre os três níveis de conhecimento químico e docência. Ressaltamos que no estudo sobre estas três duplas, o material analisado compreende: i) a primeira versão do guia; ii) trecho da aula de apresentação das duplas, onde a professora formadora e eu sugerimos correções; iii) o mapa conceitual construído pelas duplas; iv) a segunda versão do guia que foi entregue ao final do segundo semestre. Esclarecemos, também, que as versões dos guias experimentais apresentadas neste capítulo

correspondem integralmente às entregues pelas duplas de licenciandas, sem correções da nossa parte quanto à erros ortográficos e/ou de concordância verbal. Em nossas análises das mesmas, as dividimos segundo os três momentos propostos para a sua elaboração: i) apresentação e problematização do experimento; ii) interpretação do fenômeno químico; iii) preenchimento da tabela dos três níveis de conhecimentos químicos.

5.1. Identificação de concepções prévias dos licenciandos

5.1.1. Debate epistemológico sobre experimentação e ciência

Propor a construção de guias experimentais investigativos exigiu um trabalho de cunho epistemológico com os licenciandos que lhes possibilitasse maior clareza a respeito do papel pedagógico daquelas atividades. Por esta razão, após a aula de apresentação da disciplina, recorreremos à leitura de dois textos (SILVA e ZANON, 2000; SILVA, MACHADO e TUNES, 2010) que discutiam essencialmente a relação teoria-experimento e criticavam o uso das atividades de laboratório como forma de comprovação de teorias.

Na aula seguinte à apresentação da disciplina, antes de iniciar a discussão de um dos textos, 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 a baixo 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 jeito 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.*

[Trecho da aula 2, durante o primeiro semestre]

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).

Levando-se em consideração o histórico geral de formação dos cursos de licenciatura em Química sustentado pela racionalidade técnica (MESQUITA e SOARES, 2012), 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; GONÇALVES e MARQUES, 2006; GIBIN e LIMA, 2015).

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 a atenção voluntária, a memória lógica, a abstração, a comparação, etc. numa estrutura de pensamento em que se manifestam o caráter 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, 1934/2000, 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 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).

Deste modo, nas aulas 2, 3 e 4 que faziam parte da primeira etapa da estratégia, os embates durante as discussões preliminares ficavam em torno da negativa à ideia de que a

experiência comprovaria a teoria e na problematização entre o pensar e o fazer. Na maior parte do tempo, poucas foram as intervenções dos futuros professores. Todavia, um dos momentos mais participativos foi durante a aula 3 enquanto discutíamos a sessão “O papel da Experimentação no Ensino de Ciências – a questão do concreto e do abstrato” do capítulo de livro de Silva, Machado e Tunes (2010). 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:

- (1) *Pesquisador: Vocês estão entendendo essa relação entre o bisão real e o bisão desenhado?*
- (2) *Júlio: O que eu não estou entendendo é o seguinte: pra eu desenhar o bisão, eu não tenho que olhar o bisão?*
- (3) *Pesquisador: Sim.*
- (4) *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?*
- (5) *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...*
- (6) *Júlio: E mesmo assim ele precisou observar!*
- (7) *Professora formadora: E mesmo assim eu precisei fazer inúmeras experiências...*
- (8) *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.*
- (9) *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?*

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

(11) *Júlio: Está indo! Rsrtrs*

(12) *Professora: Vamos ler mais um pouco.*

[Trecho da aula 3, durante o primeiro semestre]

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 1) 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 2: “[...]pra eu desenhar o bisão, eu não tenho que olhar o bisão?”) e argumenta seu ponto de vista (turnos 4: “Pra fazer a teoria eu não preciso observar?” e 6: “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 conforme discutido no capítulo 2. Pelo princípio de causalidade, Hume (1996) consegue sustentar a afirmativa de que as ideias da razão se derivam da experiência. 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, já citado no capítulo 2, 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, 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.

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 (MALDANER, 2000, LOPES, 2007). Além disso, essa visão científica tende a se perpetuar nas práticas escolares, já que nossa concepção de ciência influencia diretamente a escolha pelos conteúdos a serem desenvolvidos e sobre o 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)

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.

Entender o conhecimento escolar como um saber que estabelece o conhecimento científico como padrão para superar suas limitações, é uma atividade que tende a atribuir-lhe um caráter cientificista, tornando-se difícil atingir a esfera da crítica social dos processos de produção de conhecimento científico. Portanto, compreender com quais conhecimentos o conhecimento químico escolar precisa dialogar é ferramenta para melhorar os processos de ensino-aprendizagem.

Retomando 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, ZANON, 2010).

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.

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 5, 7, 8 e 9 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 5). 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 10 e 11, 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:

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

(14) *Miguel: É o real criado?*

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

(16) *Júlio: Substância formada por um mesmo tipo de molécula.*

(17) *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?*

(18) *Júlio: Não.*

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

(20) *Miguel: Explicar muitas coisas: propriedades das substâncias, ponto de fusão, ebulição, solubilidade...*

(21) *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.*

(22) *Pesquisador: Então, é a experiência que determina a teoria ou a teoria que orienta a experiência?*

(23) *[silêncio]*

(24) *Júlio: É pra responder? [risos]*

(25) *Pesquisador: Lógico!*

(26) *Professora: Vocês nunca pensaram essas coisas?*

(27) *[Alunos fazem gesto negativo]*

(28) *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?

(29) *Alunos: Não.*

(30) *Alunos: É ter tinta e servir pra escrever.*

(31) *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.*

(32) *Miguel: Tem que ter capacidade de criação e imaginação, né? [Sussurrou pra mim].*

(33) *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?*

(34) *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.*

(35) *[Alunos continuam em silêncio]*

(36) *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?*

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

[Trecho da aula 3, durante o primeiro semestre]

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 13 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 14) 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 15) e o conceito de caneta (a partir do turno 28). 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, MACHADO e TUNES, 2010). Nesse sentido, estávamos tentando estabelecer a criação de teorias como capacidade de desenvolvimento de generalizações e abstrações, apoiando aquela relação dialética anteriormente posta (turno 31).

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 32) 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 34 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 34 e 36 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, MACHADO e TUNES, 2010, 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).

Todavia, mesmo em um processo de aprendizagem mediada e oposta ao modelo de ensino da transmissão-recepção, a mudança e (re)elaboração de novas visões de mundo não acontecem de forma simples e rápida. Os turnos 23, 24, 35 e 37, que indicam o silêncio dos alunos ou a resposta em gestos indecisos, manifestam um movimento próprio do processo

de elaboração que não é linear. Além disso, como podemos apreender dos diálogos o processo de ensino estabelecido de forma interativa, não se faz um discurso homogêneo e harmonioso e como considera Góes (2008, p. 3):

Nas interações em sala de aula, o trabalho de significação é orientado para a sistematização (que está no horizonte do professor) e também alimentado pela dinâmica de processos e conteúdos expressos nos dizeres e ações dos participantes da situação (professor e alunos). É um trabalho que, sem dúvida, se caracteriza por tensões: entre o vivenciado e o sistematizado, entre a divergência e a convergência, entre o racional e o sensível.

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 pensando antes nas questões discutidas (turno 26). 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 naquelas marcas pedagógica e epistemológica discutidas no capítulo 1: a concepção empirista de ciência e a visão simplista de docência.

Diante do exposto, durante a primeira etapa da estratégia formativa nosso exercício, enquanto formadores, foi desconstruir as crenças mais comuns que os estudantes traziam, tais como as apontadas por Silva, Machado e Tunes (2010):

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 dos 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 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.

A desmistificação de tais crenças envolveu, portanto a nossa ênfase no debate epistemológico analisado e nas considerações sobre: i) o fato de a experiência por si só não promover a aprendizagem em nível microscópico; ii) a importância do papel mediador do professor na orientação deliberada das ideias dos alunos; iii) 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.

5.1.2. Discussão sobre a articulação dos três níveis de conhecimento químico no ensino

A discussão sobre a articulação dos três níveis de conhecimentos químicos foi presença constante durante todas as etapas e tendo em alguns momentos mais destaque do que em outros. Na fase de produção dos guias pelas duplas que ocorreu ao longo das etapas 4 (construção da primeira versão) e 5 (reelaboração da segunda versão), por exemplo, a professora formadora e eu discutíamos bastante com os licenciandos a articulação teórico-prática na abordagem do tema químico por eles escolhido. Todavia, a maioria desses diálogos não foi áudio-gravada pois eles ocorreram nas aulas em que atendíamos as duplas de forma particular.

Em outras etapas da estratégia, nas quais foi possível o registro por áudio-gravação, destacamos as entrevistas como momentos em que as concepções sobre a temática foram externadas. Desde o início das atividades, ainda no primeiro semestre, quando questionávamos os licenciandos sobre a articulação dos três níveis de conhecimentos químicos, eles destacavam o papel da linguagem química como forma de comunicação do pensamento químico, mas não problematizavam a sua relação na constituição dos conceitos e/ou nas articulações entre os níveis macroscópico e o microscópico.

Para exemplificar essa compreensão, trazemos um trecho da primeira entrevista realizada na etapa 6 (que aconteceu concomitante com as etapas 4 e 5 no segundo semestre), as participantes foram Hebe e Flora. Nosso encontro ocorreu no começo do mês de setembro e a essa altura as alunas estavam trabalhando com o mapa conceitual, ou seja, a segunda versão do guia ainda não tinha sido concluída.

O trecho a baixo começa com o meu questionamento sobre quais teriam sido as possíveis contribuições da aprendizagem por meio da articulação dos três níveis de conhecimento químico; ressaltamos que após a interrupção (turno 11), voltamos a conversar sobre outros assuntos:

- (1) *Pesquisador: E sobre aqueles três níveis de conhecimento, lembram? Contribui de alguma forma na formação de vocês?*
- (2) *Flora: Sim, fica mais claro, porque nesse primeiro é o que eles vão falar o que tá acontecendo [aponta o dedo para a palavra fenomenológico] e o teórico é o que a gente vai tentar passar pra eles, tentar tirar deles. Eu acredito que eles vão conseguir... sei lá se expressar melhor? [olha para a colega] não se expressar melhor, mas tentar responder o que a gente quer...*
- (3) *Hebe: Mas no representacional, o aluno já vai interagindo com a linguagem química: “ah! O que significa aquele índice lá em baixo?” Sabe, isso é muito importante, nunca esquecer de colocar... o balanceamento, que tem que balancear certinho...*
- (4) *Flora: E explicar também, porque eu lembro de uma aula do estágio que era de orgânica. E aí tinha as ligações simples, dupla¹² e aí o menino falou assim: “xi professora, como eu vou aprender isso aí com um monte de sinal de menos?” Então ela deveria ter explicado que não era sinal de menos e ela não fez nada. Tinha que ter falado que o tracinho eram as ligações e não sinal de menos e ela ouviu e não deu importância nenhuma.*
- (5) *Pesquisador: Como alunas vocês falaram que é mais fácil de aprender com o modelo dos três níveis, mas como professoras, ajudou no planejamento de vocês?*
- (6) *Hebe: Ajudou muito, mas eu não sei como explicar [risos]. Acho que até mesmo pra nortear o aluno...*
- (7) *[silêncio]*
- (8) *Flora: Seria a parte mais química? Deles entrarem no mundo da química ou não?*
- (9) *Pesquisador: Como assim mundo da química?*

¹² Os compostos orgânicos são formados por ligações químicas covalentes. Quando nos referimos às fórmulas estruturais desses compostos, tais ligações são representadas por traços entre os símbolos dos elementos químicos. Por exemplo, o gás dióxido de carbono (CO₂) apresenta ligações duplas entre os átomos dos elementos carbono e oxigênio: O=C=O

(10) *Flora: Porque eles vão conhecendo o nome dos elementos, entendo as reações, entra no mundo da química.*

(11) [Interrupção na entrevista]

[Trecho de entrevista, durante o segundo semestre]

A leitura do trecho revela um processo de apropriação das ideias, isto é, as concepções estão em movimento de elaboração. Como é possível notar, após serem questionadas, Flora e Hebe começam a explicar como entendem os três níveis de conhecimento químico (turno 2) e enfatizam os aspectos relacionados ao nível representacional (turno 3). Assim, nos turnos 3, 4 e 10, mesmo demonstrando incertezas sobre o que falavam (turnos 6, 7 e 8), as futuras professoras vão explicitando o papel da linguagem como uma forma de introdução do aluno no mundo da química.

Esse movimento de elaboração da licenciandas pode indicar um entendimento do nível representacional como forma de interação com a ciência química, todavia, conforme expresso no turno 2, essa associação apresenta mais ênfase à esfera comunicativa da linguagem. Ademais, mesmo no turno 4, quando Flora comenta o exemplo da aula de química orgânica, ela não se estende sobre a relação entre o desenvolvimento do conceito e a significação daquele símbolo.

Um último ângulo a ser focalizado no episódio, refere-se à frase no turno 10: “*Porque eles vão conhecendo o nome dos elementos, entendendo as reações, entram no mundo da química*”. A afirmação de Flora indica uma confusão conceitual já bastante discutida na literatura e recorrente na aprendizagem da química: a miscelânea dos conceitos substância, átomo, mistura e elemento (OKI, 2002; ROCHA e CAVICCIOLI, 2005; SILVA e AGUIAR, 2008; WARTHA et al, 2010; LACERDA, CAMPOS E MARCELINO-JR., 2012), pois, não são os elementos que participam das reações, mas sim os átomos que são representados por seus símbolos, constituindo as substâncias participantes no processo.

Se levarmos em consideração que substância, elemento, átomo e mistura são conceitos estruturantes da Química e que estando presentes no cotidiano dos alunos podem ter outros significados conhecidos, torna-se propícia essa discussão sobre a linguagem. A esse respeito, Soares e Aguiar (2008, p. 15) alertam para a importância de um ensino que considere essa multiplicidade de significados, porque: “A concepção de aprendizagem que ignora essa realidade está associada a um modelo de ensino por transmissão que se assenta

na lógica da explicação acabada e que procura transferir conhecimentos prontos e cristalizados por meio de definições”.

Apoiados nessa assertiva e por meio dos apontamentos de Vigotski (1934/2014), podemos dizer que a confusão conceitual entre tais conceitos estruturantes pode se manifestar no ensino baseado em memorização de definições. Em outras palavras, o começo da aprendizagem pela definição verbal, evoca a elaboração da palavra vazia de significado: “sem significado a palavra não é tal, mas sim som vazio, deixa de pertencer ao domínio da linguagem” (VIGOTSKI, 1934/2014, p. 21 – nossa tradução). Deste modo, a palavra perde sua função mediadora da compreensão dos conceitos que promove a transição de uma generalização para outras generalizações.

Nesse sentido, a problematização tecida nos permite adiantar a concepção de linguagem que buscamos estabelecer ao longo da estratégia: a linguagem química não apenas como comunicativa, mas constitutiva da formação de conceitos (MACHADO, 2000; ANDRADE, 2010; MORTIMER, 2010; WENZEL, 2013; QUADROS et al, 2014; SILVEIRA JUNIOR e MACHADO, 2016) e ponte entre os níveis macroscópico e microscópico (TABER, 2013; 2015). Para tanto, principalmente, durante as aulas da primeira etapa em que líamos textos sobre a experimentação investigativa, buscávamos ultrapassar essa visão do nível representacional exemplificada no trecho de entrevista analisado.

Portanto, nossa postura frente aos esquemas tradicionais de ensino foi justamente problematizar o papel da representação química nos processos de ensino aprendizagem. Um momento que exemplifica a discussão sobre o tema emergiu, conforme ilustra o extrato abaixo, em uma aula da primeira etapa da estratégia, na qual estudávamos passagens do texto de Silva e Zanon (2000):

- (1) *Pesquisador: Olha, uma coisa importante pra a gente pensar: a química tem linguagem própria... Aqui, as autoras estão citando a linguagem como forma de sistematização da teoria. Então, vocês já viram os hieróglifos dos egípcios ou as letras gregas?*
- (2) *[Alunos fazem gesto positivo]*
- (3) *Pesquisador: Todas as vezes que vocês escreverem uma equação na lousa e não explicarem é a mesma coisa de ter escrito em grego!*
- (4) *Beatriz: É... eles não sabem o significado, né?.*
- (5) *Pesquisador: Isso! E por que as autoras disseram que a linguagem pode sistematizar a teoria? Porque vocês podem dar sentido à equação por meio*

da teoria. Quando a gente, por exemplo, se refere ao sal iodeto de chumbo e escreve PbI_2 para representá-lo, o aluno tem que saber o que essas letras e o número dois significam e porque estão dispostos dessa forma. Faz sentido isso?

(6) *Júlio: Sim.*

(7) *[silêncio]*

[Trecho da aula 4, durante o primeiro semestre]

Esse diálogo aconteceu durante a aula 4, a partir de um trecho do texto que citava o papel da linguagem química durante a aprendizagem e indicava a necessidade de se explicar o significado dessa simbologia. Na interlocução que se desdobrará a partir do turno 8, podemos destacar como características atribuídas à representação química a sua universalidade e a sua não transparência numa tentativa de ampliar o entendimento sobre a função da linguagem química nos processos de ensino.

Em um estudo que explora como a linguagem subsidia o ensino de Química, Pauletti, Fenner e Rosa (2013, p.14) argumentam que

Resgatando elementos constituintes da emancipação da Química, revela-se a variedade de representações diante de uma linguagem com base em signos e símbolos que percorreu os séculos e, atualmente, dispõe de uma linguagem universal, com o propósito que todos possam ter acesso a esse conhecimento.

Apoiados nesta assertiva, destacamos a primeira intenção, evidenciada pelo turno 1, de chamar atenção dos alunos para a universalidade da linguagem química, associando-a a outras formas de linguagem escrita, também universais e que sem conhecimento de seu significado tornam-se incompreensíveis. Ao nosso ver, marcar essa característica abre caminho para a interpretação da leitura (texto de aula) que pudesse promover o entendimento não só da simbologia química como uma forma comunicação (turno 3), bem como uma característica de constituição do pensamento científico dessa área de saber (turno 5). No que se refere a este último aspecto, uma concepção de linguagem que extrapole a mera função comunicativa vai se desenvolvendo na continuidade do diálogo:

(8) *Pesquisador: A gente precisa lembrar que a linguagem não é transparente, nem sempre o aluno está pensando a mesma coisa que nós. Quer ver um exemplo? Qual é a função do sinal de mais [+] na matemática?*

(9) *Sidney: Soma.*

(10) Pesquisador: Então, e o sinal de mais da equação química se refere à soma?
Nós juntamos os reagentes numa transformação química?

(11) Júlio: É... não...

(12) [vários alunos falam ao mesmo tempo]

(13) [Neste momento dirijo-me à lousa e escrevo a representação abaixo]



(14) Pesquisador: Vamos pensar sobre isso aqui na lousa. Eu pedi para um aluno representar essa transformação segundo o modelo de Dalton e ele fez desse jeito. Por que será que o aluno fez isso?

(15) [Conteúdo inaudível – vários alunos falam ao mesmo tempo]

(16) Leonardo: Ele está enxergando o nitrogênio como par....

(17) Júlio: Mas ele representou a molécula....

(18) [vários alunos falam ao mesmo tempo]

(19) Pesquisador: Gente, olhando para esse desenho, qual é a ideia de transformação que esse aluno tem?

(20) Augusto: De juntar?

(21) Júlio: De soma...

(22) Pesquisador: Então... e não é soma, né? Envolve quebra das ligações e rearranjo. Agora, será que meu aluno sabe que esse sinal de mais na linguagem química representa uma interação e não uma soma?

(23) [os alunos fazem sinal negativo com a cabeça].

(24) Pesquisador: A gente precisa pensar sobre isso quando ensina!

[Trecho da aula 4, durante o primeiro semestre]

Ao retomar a explicação, cortando o silêncio do turno 7, eu problematizo a ideia de não transparência da linguagem (turno 8) por meio do exemplo do significado do sinal de mais (turno 10) e da situação hipotética de uma representação, a partir do modelo atômico de Dalton, da equação que representa a obtenção do gás de amônia (NH₃) (turno 14). O uso desse exemplo (turnos 19, 22 e 24) permitiu acenar para a possibilidade de se apoiar na própria simbologia química para abordar um conceito, atribuindo-a uma função de signo do conceito. Podemos dizer, também, apoiando-nos em Taber (2013, 2015), que a

linguagem química, nessa perspectiva, pode ser pensada como ponte entre os níveis fenomenológico e teórico-conceitual. Minha intenção, neste caso, era indicar que significar o sinal de mais nas equações químicas, distinguindo-o da ideia de soma, pode ser uma forma de sistematização do conceito de interação química, fundamental no processo de ocorrência de transformações químicas.

A literatura da área do Ensino de Química tem discutido reiteradamente a significação da linguagem química, oral ou escrita, como meio de promoção de formação dos conceitos científicos (MACHADO e MOURA, 1995; MACHADO, 2000; ANDRADE, 2010; MORTIMER, 2011; WENZEL, 2013; PAULETTI, FENNER e ROSA, 2013; QUADROS et al, 2014; GOUVEA e SUART, 2014; FLOR, 2015; SILVEIRA JUNIOR e MACHADO, 2016; MATOS e FRISON, 2016; entre outros). Baseando-se na perspectiva histórico-cultural, autores como Wenzel (2013, p. 68-69), atribuem à linguagem química uma função constitutiva do pensamento químico:

[...] defendo a importância de possibilitar ao estudante o entendimento das particularidades da linguagem química pelo uso da mesma, em diferentes situações, considerando-a como um gênero específico e, por isso, necessário de ser apropriado pelo estudante, para, assim, desencadear nele o aprendizado mediante sua significação.

Portanto, no que se refere à articulação dos três níveis de conhecimentos químicos, à representação química cabe um estatuto mais amplo do que a função de técnica de nomenclatura. Em processos de sala de aula, na linguagem química e por ela vão se constituindo novas estruturas de pensamento por meio de significações compartilhadas dessa simbologia. Desta maneira, na medida em que o pensamento não é simplesmente expresso pela palavra, mas passa a existir por meio dela, a dimensão constitutiva da linguagem passa a ter significância na construção do conhecimento nas aulas de Química.

Nessa perspectiva, citar a não transparência da linguagem (turno 8) revela-se importante para a introdução dessas ideias, pois como Flor (2015) advoga, pensar a linguagem como via de mão única, reforça a visão de um aluno passivo. A oposição a essa concepção de linguagem é há tempos debatida e defendida em nossa área, como por exemplo, já apontavam Machado e Moura (1995, p. 29) ainda em meados de 1990:

Conceber que a linguagem nem sempre comunica, ou seja, que nem sempre o que se fala é devidamente compreendido e significado como pretendemos, aponta para a importância de se abrir espaço para que as vozes dos alunos sejam ouvidas, para que os sentidos sejam confrontados, reelaborados.

Entretanto, a visão de transparência da linguagem perdura, principalmente, pois requer uma dinâmica interativa em sala de aula contrária às práticas pautadas na transmissão-recepção que não se baseia em um discurso harmonioso e homogêneo. Pressupõe, por conseguinte, entender a linguagem face à polêmica e como fonte de equívocos e mal-entendidos, como são assinalados nos turnos 20 e 21, quando os próprios licenciandos manifestam a possibilidade de o aluno daquela situação hipotética ter associado o sinal de mais da equação química à ideia de soma e não de interação de substâncias.

Pautando-nos na abordagem histórico-cultural, podemos considerar a linguagem como um meio de comunicação social impossível sem signos e significação, isto é, um meio que requer obrigatoriamente a generalização e o desenvolvimento do significado da palavra. Em outros termos:

A palavra está quase sempre pronta, quando está pronto o conceito. Portanto, há fundamentos para considerar o significado da palavra não só como unidade de pensamento e da linguagem, mas também como unidade de generalização e da comunicação, da comunicação e do pensamento (VIGOTSKI, 1934/2014, p.23 – nossa tradução).

Na tematização das relações de ensino, a partir da perspectiva histórico-cultural e com ênfase nas relações entre ensinar e significar, Smolka (2010) nos diz que ensinar e significar demandam formas de interação, operação mental e trabalho com signos. Logo, a significação é a chave para entendermos a conversão das relações sociais em funções mentais e o ato de ensinar, nesse contexto, “[...] seria, assim um trabalho com signos, um trabalho de significação por excelência” (SMOLKA, 2010, p. 128).

Apoiados nessa consideração, reafirmamos que os processos de ensino-aprendizagem na sala de aula de química podem (e devem) ser fundamentados na linguagem química para promover uma esfera de produção de generalizações e possibilitar a formação de novos conceitos que vão sendo elaborados simultaneamente àqueles já aprendidos e que têm a possibilidade de ser ampliados e (re)significados. Para tanto, é necessário atribuindo-lhe o papel de constitutiva na/da elaboração de conceitos. Afinal, se a linguagem química expressa conceitos, a elaboração conceitual pode estar baseada na sua significação.

Ao longo da estratégia muitos foram os diálogos nessa perspectiva, no entanto, os próprios licenciandos manifestavam dificuldades em pensar sobre esse “novo” papel da linguagem química na promoção de articulação entre os níveis fenomenológico e teórico-conceitual. Após essa passagem finalizada no turno 24, discutimos outros exemplos e lemos

mais parágrafos do texto de aula. Ao final, quando eu reforcei a importância de explicarmos o significado dos símbolos químicos, de súbito, Júlio esbraveja:

(25) *Júlio: Pô! Mas você tem que pensar que a gente não aprende assim!*

(26) *Pesquisador: Ué, mas vocês estão aprendendo agora!*

(27) *[todos nós rimos]*

(28) *Pesquisador: Temos, sim, que refletir mais sobre a função da linguagem química quando ensinamos. Nas próximas aulas conversamos mais.*

[Trecho da aula 4, durante o primeiro semestre]

A fala de Júlio em tom de reclamação (turno 25) revela que, assim como ocorreu com as discussões sobre experimentação investigativa, pensar a articulação dos três níveis de conhecimentos químicos, também, era um novo desafio que estávamos lhes colocando. Essa dificuldade reside nas próprias práticas de ensino memorísticas que forçam o aluno a operar concretamente com um conhecimento que requer elaborações abstratas, ou simplesmente com definições prontas e acabadas. Contrariamente, a articulação concreto-abstrato que deveria ser propiciada nos guias experimentais é uma atividade que exige a ênfase na linguagem química, deslocando a atenção dos objetos, aos quais os conceitos se referem, para o próprio ato de pensamento.

5.2. Análise do processo de elaboração dos guias experimentais investigativos

5.2.1. Análise de dois guias experimentais investigativos sobre óxido-redução

Duas duplas, Beatriz/Bárbara e Alice/Ágata, elaboraram seus guias experimentais abordando o mesmo tema químico: reações de óxido-redução, razão pela qual apresentamos a análise do movimento de elaboração de seus guias de forma conjunta evitando, com isso, repetições que ampliariam o presente texto. Ao proceder assim, julgamos que não estamos contradizendo a abordagem teórico-metodológica aqui assumida, pois, todas as etapas que configuraram o processo de elaboração das duas versões dos guias estão contempladas, incluindo além delas, as correções sugeridas e a construção dos mapas conceituais.

O experimento escolhido pela primeira dupla - Beatriz e Bárbara – envolveu palha de aço, que é basicamente composta de ferro (Fe), e soluções aquosas de sulfato de cobre

(CuSO_4) e de sulfato de zinco (ZnSO_4). O momento de problematização do guia foi construído da seguinte forma:

Apresentação do fenômeno a ser investigado:

Em um becker foi adicionado uma solução de sulfato de cobre (CuSO_4) de coloração azul e em outro becker foi adicionado solução de sulfato de zinco (ZnSO_4) de coloração transparente (Figura 1). Em seguida, foram adicionados em cada solução um pedaço de palha de aço basicamente composta de ferro. Após alguns instantes havia uma camada de coloração avermelhada sobre a palha de aço submersa na solução de sulfato de cobre e a solução apresentava um azul mais claro se comparado ao início do experimento. Porém, na palha de aço submersa na solução de sulfato de zinco, nenhuma alteração visível ocorreu (Figura 2).

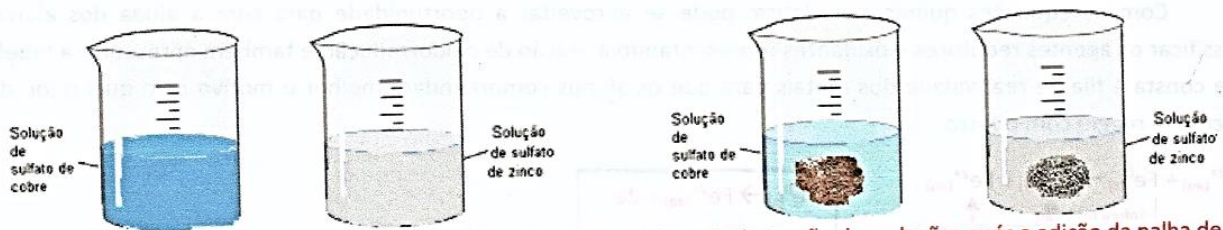


Figura 1: Ilustração das soluções antes da adição da palha de aço. Figura 2: Ilustração das soluções após a adição da palha de aço.

É importante pedir aos alunos que observem atentamente às alterações que estão presenciando e incentivá-los a refletir sobre o porquê estas mudanças macroscópicas estão ocorrendo ou não. Como sugestão, alguns questionamentos podem ser feitos a fim de orientar a reflexão dos alunos: Em qual sistema podemos observar algumas alterações? No Becker em que foi possível observar mudanças macroscópicas a coloração da solução permaneceu igual ao início da reação? De que cor ficou a palha de aço? O que vocês sugerem que seja este depósito avermelhado sobre a palha de aço? Podem representar a equação química da reação ocorrida? Por que não foi possível observar alterações na palha de aço onde contém solução de sulfato de zinco? Quais são as ideias e conceitos químicos que podem nos ajudar a compreender a reação química da palha de aço que ficou avermelhada? Quais ideias podem nos auxiliar para entendermos o porquê nenhuma alteração foi vista na palha de aço submersa em sulfato de zinco? Por favor, discutam em grupos e de acordo com as respostas obtidas destas questões, preencham a seguinte tabela:

Fenomenológico	Representacional	Teórico-conceitual

O tempo para que os alunos discutam em grupo suas ideias a respeito dos fenômenos observados pode ser de 10 minutos, a fim de que a partir das ideias deles, você professor, auxilie na interpretação e explicação do experimento.

Figura 3 Trecho da primeira versão da Guia da Dupla 2

Conforme observamos no guia, o primeiro momento é constituído pela ênfase na descrição dos aspectos macroscópicos da experiência, ou seja, as alterações que são visíveis em apenas um dos sistemas. Assim, a problematização da experiência está centrada exclusivamente no nível fenomenológico e o reforço a esse nível de conhecimento revela-se nas orientações que são indicadas ao professor em azul: “É importante pedir aos alunos que observem atentamente às [as] alterações que estão presenciando e incentivá-los a refletir o porquê estas [destas] mudanças macroscópicas que estão ocorrendo ou não”.

Por fim, apesar da existência de indagações sobre quais ideias e conceitos químicos poderiam ajudar a explicar o fenômeno, neste momento de problematização nenhum

conceito foi retomado ou introduzido, tampouco a equação que representa a reação. Nesses termos, no que se refere à mediação proposta, há a orientação do aluno para as questões visíveis do fenômeno (atenção voltada ao objeto percebido ou observado) e ausência de orientação para aspectos em nível atômico molecular (atenção voltada para o conceito).

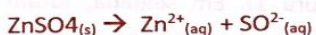
Logo após essa primeira parte do guia, o segundo momento foi proposto da seguinte maneira:

A interpretação do fenômeno:

Embora o objetivo referente a oxidorredução não tenha sido dito no início da aula, é importante tê-lo em mente e mais que isso, ter total domínio do conteúdo e conhecer os conceitos químicos que são necessários os alunos dominarem para compreender o fenômeno. A princípio pode ser questionado novamente a respeito dos dois procedimentos e o motivo pelo qual em um deles houve alteração. É necessário também destacar aos alunos que o sulfato de cobre e o sulfato de zinco por estarem em solução, se encontram solvatados, ou seja, em forma de íons $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$, $\text{Zn}^{2+}_{(aq)}$ e $\text{SO}^{2-}_{(aq)}$. Algumas questões podem ser feitas a fim de direcioná-los à construção do conhecimento científico: Qual é a principal diferença entre uma solução e outra? Como vocês podem representar os íons em cada

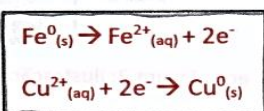
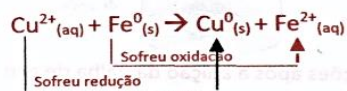
solução? Por que a coloração da solução de sulfato de cobre sofreu alteração? Qual era mesmo a principal composição da palha de aço? Como vocês descreveram a equação química da reação ocorrida entre a solução de sulfato de cobre e o ferro presente na palha de aço? Houve alteração do NOX nos metais, ou seja, houve transferência de elétrons? Qual é o agente redutor? Qual é o agente oxidante? Qual sofreu oxidação? Qual sofreu redução? Por que o íon de Cobre reagiu com o Ferro e íon de Zinco não reagiu? Vocês se recordam da fila de reatividade dos metais?

De acordo com as ideias que os alunos forem fornecendo é interessante que as principais delas sejam colocadas na lousa, como a solvatação dos íons nas soluções:



Pensando nos íons metálicos em solução é interessante leva-los a refletir sobre como cada um interagiu com o ferro presente na palha de aço: Já que houve uma reação química entre o íon de cobre e o ferro, como vocês podem representar esta equação demonstrando a transferência de elétrons?

Com as equações químicas na lousa, pode se aproveitar a oportunidade para com a ajuda dos alunos classificar os agentes redutores e oxidantes representando a reação de oxidorredução e também apresentar a tabela que consta a fila de reatividade dos metais para que os alunos compreendam melhor o motivo pelo qual o íon de zinco não reagiu com o ferro:



Agente Oxidante: $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$

Agente Redutor: $\text{Fe}^0_{(s)}$



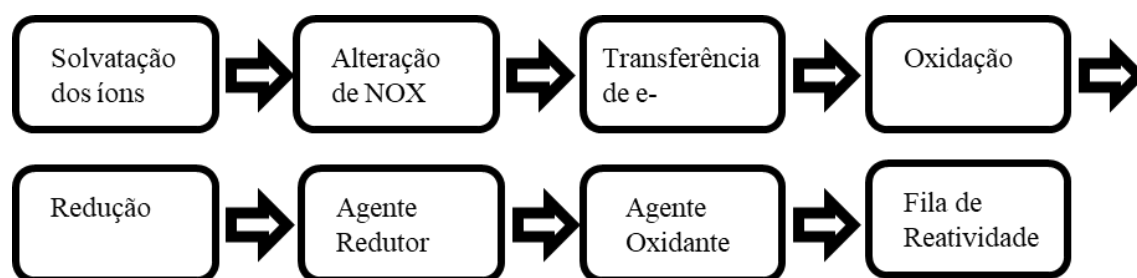
Li, K, Rb, Cs, Ba, Sr, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn, Fe, Co, Ni, Pb, H, Cu, Ag, Pd, Pt, Au

←
Maior reatividade, Menor nobreza

Figura 4 Trecho da primeira versão do guia da dupla 2

Na interpretação do fenômeno, Beatriz e Bárbara sugerem ao professor que retome o conceito de solvatação, indicando a necessidade de os alunos considerarem a presença de íons em solução e, a partir dessa ideia, propõem questões norteadoras que demonstram desarticulação conceitual. As primeiras perguntas realizadas requeriam dos alunos o domínio dos conceitos de número de oxidação, redução e oxidação, todavia, apenas a ideia de solvatação tinha sido retomada e já no início da interpretação o objetivo de aula é entregue: “*Houve alteração de NOX no metais, ou seja, houve transferência de elétrons?*”.

Deste modo, se o objetivo do guia era propor um experimento investigativo para o ensino do tema óxido-redução, esperava-se que a interpretação do fenômeno promovesse uma discussão que chegaria ao que caracteriza tais reações: a transferência de elétrons. Nesse sentido, o conceito químico essencial a ser introduzido seria o de número de oxidação, explicando suas convenções. No entanto, o diálogo proposto é direcionado para caracterização de agente redutor, agente oxidante e fila de reatividade dos metais, demonstrando pouco domínio químico sobre o tema, ou seja, daquele conhecimento denominado por Shulman (1986) como *conhecimento de conteúdo*, o que pode ser evidenciado pelo confuso encadeamento de conceitos proposto pela dupla:



Ainda sobre a abordagem conceitual adotada, cabe destacar que a fila de reatividade é apresentada com um fim em si mesmo sem ser mencionado o conceito de eletropositividade (a capacidade de perder elétrons) para explicar o porquê de um metal ser mais reativo do que o outro. Isto é, ao final seria pertinente esclarecer que a série eletroquímica mencionada está baseada em uma ordenação das espécies de acordo com o seu potencial padrão, estabelecendo essa relação entre metais que são colocados em interação e levando-se em conta sua capacidade de perder elétrons.

No que tange à articulação dos três níveis de conhecimentos químicos, depois da problematização essencialmente macroscópica e a estrutura conceitual desorganizada em termos de sistematicidade do conceito, a linguagem química é pouco explorada. Afinal, mesmo com a indicação da dupla: “*Com as equações químicas na lousa, pode se aproveitar*

a oportunidade para com a ajuda dos alunos classificar os agentes redutores e oxidantes representando a reação de oxidorredução [...]”, a própria desarticulação conceitual comprometeu a função da linguagem química como um signo mediador para a formação do conceito de óxido-redução, ficando restrita a função de comprovar a transferência eletrônica já anunciada.

Ao final do guia, é retomada a tabela dos três níveis de conhecimento químico:

Retomada da tabela que traz os três níveis do conhecimento químico:

A fim de retomar tudo o que foi discutido durante a aula, é importante preencher a tabela com os três níveis do conhecimento químico juntamente com os alunos, assim ficará ainda mais claro a explicação e equações químicas que representam as alterações macroscópicas que observaram a partir dos procedimentos:

Fenomenológico	Representacional	Teórico-conceitual
Becker com sulfato de cobre: - Descoloração da solução azul; - Depósito de material avermelhado sobre a palha de aço;	Becker com sulfato de cobre: $Fe^0_{(s)} \rightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^-$ $Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu^0_{(s)}$ $Cu^{2+}_{(aq)} + Fe^0_{(s)} \rightarrow Cu^0_{(s)} + Fe^{2+}_{(aq)}$	Solubilidade; Ligação iônica; Mobilidade iônica; Oxidorredução (transferência de elétrons); NOX / Valencia; Agente redutor e agente oxidante; Fila de reatividade.
Becker com sulfato de zinco: - Nenhuma alteração foi observada.	Becker com sulfato de zinco: Não ocorreu reação	

Após o preenchimento da tabela na lousa é necessário questionar a respeito de eventuais dúvidas e se necessário, explicar novamente alguns conceitos.

É muito interessante também discutir a importância dos processos de oxirredução no cotidiano, como por exemplo, a corrosão, a combustão da gasolina, os metais de sacrifício, buscando sobretudo relacionar o conteúdo aplicado em sala de aula com a realidade do aluno.

Figura 5 Trecho da Primeira Versão do Guia da Dupla 2

Ao olharmos para a terceira coluna da tabela dos três níveis de conhecimento químico, é possível afirmar que Beatriz e Bárbara, apesar do modo como conduziram o diálogo na interpretação do experimento, consideraram a transferência de elétrons como característica fundamental das reações de óxido-redução, pois escrevem assim: “Oxidorredução (transferência de elétrons)”. Essa constatação pode nos indicar i) que a falta de domínio químico sobre o tema está associada a ausência de um sistema conceitual, ou seja, existe a operação com a definição do conceito de oxido-redução, mas não há consciência de como tal conceito é elaborado a partir de um sistema conceitual; ii) apesar da estrutura do guia ter sido compreendida pelas licenciandas, o conceito de experimentação investigativa ainda não se apresenta claro, na medida em que o objetivo de do guia, ou seja, a ideia química a que queriam chegar, é entregue no primeiro diálogo proposto e comprovada pelo esquema desenhado ao final.

Assim que essa primeira versão do guia foi apresentada, a desorganização conceitual nos chamou bastante atenção e foi central nas nossas sugestões de correção para a dupla:

- (1) *Pesquisador: quando vocês apresentam o fenômeno, vocês não citam nada sobre oxidação ou redução e na segunda parte vocês começam com questões bem específicas sobre número de oxidação e tal. Será que o aluno vai saber essas coisas?*
- (2) *Bárbara: Eu estou considerando que eles já conheciam alguma coisa, que não fosse a primeira vez... A gente até fala assim: “vocês se recordam de tal coisa?”*
- (3) *Professora: O que vocês precisariam ter entregue? O que é oxidação e o que é redução, porque o aluno não tem condição de dizer o que é oxidação. Essa é a parte que vocês têm que entregar. Por isso, não tem muito sentido perguntar se eles se recordam da fila de reatividade, porque estamos tentando explicar algo novo pra eles. Essa experiência que vocês propõem é muito legítima pra iniciar o conceito de óxido-redução... Em termos conceituais, não tem muito sentido fazer vários experimentos para trabalhar a fila de reatividade.*
- (4) *Pesquisador: Vocês têm que explicar o que é oxidação e o que é redução e o conceito de número de oxidação no começo.*
- (5) *Bárbara: Então, explicando nessa situação, a oxidação e a redução é a transferência de elétrons...*
- (6) *Professora: Calma, a redução é o ganho de elétrons e a oxidação é a perda de elétrons. Sabendo disso, o aluno pode dar “o pulo do gato” e chegar à ideia de transferência dos elétrons. Mas pra ele fazer isso você tem que entregar alguma coisa. Quer dizer, o que o aluno ia elaborar? Que essa reação ocorre por transferência de elétrons. Então, dá uma mexida no guia pensando nisso.*

[Trecho da aula 13, durante o primeiro semestre]

Durante as aulas de apresentação nós não interrompíamos as duplas, geralmente eles apresentavam em até 20 minutos e, ao final, a professora formadora e eu fazíamos alguns apontamentos e sugestões de correção. No diálogo presente no excerto acima, pode-se destacar nossa ênfase na estrutura conceitual do guia, já que nos turnos 1, 3 e 4 nós questionamos quais conceitos o aluno deveria saber (conceitos retomados) e quais conceitos deveriam ser entregues (conceitos introduzidos) propondo uma reorganização conceitual que tivesse como ponto de chegada o entendimento de que as reações de óxido-redução ocorrem por transferência de elétrons (turno 6).

Em termos de elaboração conceitual, como 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). Nesse sentido, conscientizar as licenciandas dessa estrutura conceitual é um movimento que fizemos com a intenção de ajuda-las tanto no aprimoramento da problematização do guia que estava essencialmente

pautada nos aspectos macroscópicos do fenômeno como no modo de interpretação do experimento.

Afinal, se é 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). Assim, o domínio conceitual está intimamente ligado à ampliação dessa estrutura de generalização entre os conceitos:

Se o próprio significado da palavra pertence a um tipo determinado de estrutura, só um determinado círculo de operações será possível dentro dos limites da estrutura em questão, enquanto que outros tipos de operações só serão possíveis dentro dos limites de outra estrutura. No desenvolvimento do pensamento nós enfrentamos certos problemas de caráter interno muito complexos, que modificam a própria estrutura do tecido do pensamento (VIGOTSKI, 1934/2014, p 279 – nossa tradução).

É por esta razão que as nossas intervenções, no final da apresentação de Bárbara e Beatriz, percorrem a questão estrutural, pois sem a consciência da relação entre os conceitos, a mediação, tal como foi proposta no guia, direcionava o professor a promover uma interpretação que operava concretamente com um conhecimento que exige operações abstratas.

Essa discussão voltada à estrutura conceitual dos guias foi recorrente em todas as apresentações, pois, de forma unânime, nas primeiras versões dos guias apresentados pelas seis duplas, a problematização dos experimentos estava exclusivamente centrada em descrições macroscópicas sobre o fenômeno e na ausência de informações dos outros níveis de conhecimento químico. De tal forma que as abordagens propostas indicavam uma concepção de experimentação centrada na “descoberta” solitária por parte do aluno, evidenciando ausências de mediações pedagógicas que orientassem deliberadamente o seu pensamento, além da resistência da concepção de que a teoria provém da experiência.

Nesse contexto, foi de forma semelhante que a dupla Ágata e Alice apresentou a primeira versão do guia sobre óxido-redução:

1º Momento: apresentação do fenômeno a ser investigativo.

Primeiramente, um pequeno pedaço da esponja deve ser embebido em vinagre por cerca de um minuto e sacudido para a retirada do excesso de vinagre. Em seguida, a esponja deve ser introduzida na proveta, que rapidamente deve ter a extremidade superior tapada pelo êmbolo e a inferior mergulhada na água contida no béquer ou copo, evitando deste modo o contato da esponja com o oxigênio do ar no exterior da proveta.

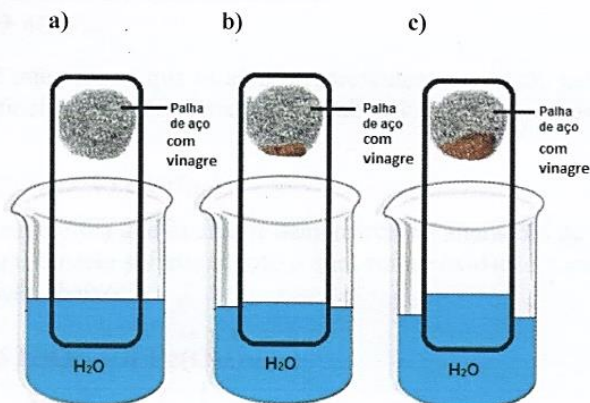


Figura 1. Montagens do experimento respectivamente no estágio inicial (a), intermediário (b) e final (c) da reação de oxidação da palha de aço.

Após a observação do experimento, é importante que o professor questione seus alunos no sentido de incentivá-los a pensar no que está ocorrendo e como eles poderiam explicar este fenômeno. A seguir, algumas questões que podem orientar o pensamento dos alunos: Por que a esponja de aço adquire uma coloração diferente? Qual reação química ocorre para que ela tenha sua aparência modificada? Por que se observa a elevação do nível de água na proveta? Por que após certo instante o nível de água não se eleva mais? A partir das respostas das questões acima, se reúnam em grupo e preencham a tabela abaixo.

Fenomenológico	Representacional	Teórico-conceitual

O professor poderá dar um tempo de 5 a 10 minutos para que seus alunos discutam, em grupos, suas ideias a respeito do fenômeno observado e você professor deve orientar a interpretação deste fenômeno a partir das ideias dos alunos.

Figura 6 Trecho da Primeira Versão do Guia da Dupla 1

A dupla propunha o estudo de uma reação de oxidação do ferro (Fe), todavia, a problematização inicial, conforme podemos ler na figura acima fica restrita à descrição da gravura de montagem do experimento, sem ao menos indicar do que a esponja de aço era constituída. Ao final, são indicadas questões para orientar o pensamento do aluno, mas impossíveis de serem respondidas dada a ausência de mediações pedagógicas fundadas no domínio da estrutura conceitual necessária para tal. Em outras palavras, por não terem domínio conceitual do tema, simplesmente solicitaram ao aluno que “descobrisse”, sozinho, a resposta, na medida em que sabiam que não poderiam verbaliza-la.

Esta foi a “estratégia” utilizada por todas as duplas de licenciandos em suas versões iniciais dos guias experimentais por eles elaboradas: o aluno vai “descobrir” a resposta ou o conceito químico que explique o fenômeno sob investigação, baseando-se na mera

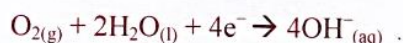
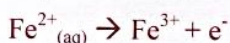
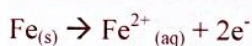
observação fenomenológica, reafirmando, portanto, suas concepções empiristas/positivistas de experimentação e ciência. Ademais, como tais concepções determinam suas visões de docência, e por saberem que não poderiam entregar as respostas em seus guias, contrariando a abordagem tradicional de ensino a qual foram submetidos em seus processos educacionais, optam por se omitir de seu papel mediador como futuros professores, deixando tudo para ser “descoberto” pelo aluno. Tal constatação evidencia, também, o quanto a concepção simplista adotada, usualmente, por seus formadores químicos ao transmitirem todas as informações necessárias à interpretação de fenômenos químicos, os coloca numa situação de imobilismo, de negação de sua função mediadora, por falta de terem experienciado outros modelos de ensino diferenciados.

Voltando ao guia elaborado por Ágata e Alice, a interpretação do fenômeno é retomada exclusivamente por meio do nível fenomenológico. Assim, na segunda oração do primeiro parágrafo, as futuras professoras escrevem: “Sugerimos que na retomada da discussão, oriente seus alunos a relacionar a modificação na aparência da palha de aço e a elevação do nível de água do tubo”.

2º Momento: a interpretação do fenômeno

Professor, embora o objetivo da aula não tenha sido citado até o momento (reações de oxirredução), é necessário apresentar aos alunos as teorias necessárias para que ele compreenda o fenômeno. Sugerimos que na retomada da discussão, oriente seus alunos a relacionar a modificação na aparência da palha de aço e a elevação do nível de água no tubo. Para tanto, é interessante orientá-los a pensar nas reações que acontecem com materiais metálicos, para que o aluno pense sobre esse tipo de reação é importante que ele conheça os conceitos: oxidação e redução, também é fundamental destacar que a palha de aço foi mergulhada em vinagre, que é uma solução aquosa, a partir desse ponto pode-se trabalhar o conceito de íons e ionização, facilitando a compreensão do número de oxidação (NOX) que também deve ser abordado. Para que o aluno identifique porque a água sobe pela proveta, ele deve conhecer o conceito de pressão, caso haja necessidade o professor pode inseri-lo nas explicações. Sugerimos as seguintes questões norteadoras: Qual produto formado na palha de aço após certo tempo? Porque o volume de água no recipiente também se modificou ao longo do tempo? Qual a relação entre esses dois fenômenos? Qual a composição da palha de aço? Qual reação ocorreu com a palha de aço? Qual o papel do vinagre (ácido acético) na reação? O que aconteceria se o vinagre não fosse utilizado?

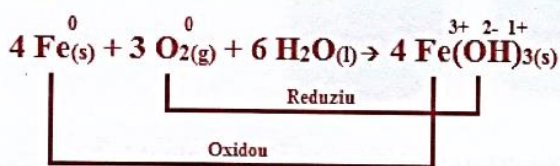
Neste ponto é importante representar as semirreações de oxidação e redução e pedir para que eles indiquem qual reação está ocorrendo uma redução e qual está ocorrendo uma oxidação.



Em seguida é interessante que os alunos representem a equação geral com os reagentes iniciais e o produto final, neste ponto pode-se trabalhar balanceamento estequiométrico junto com os alunos.



A equação geral facilita que os alunos demonstrem as alterações de NOX das espécies e em seguida indicar qual espécie sofreu redução e qual sofreu oxidação. Orientá-los até que eles cheguem a representação abaixo:

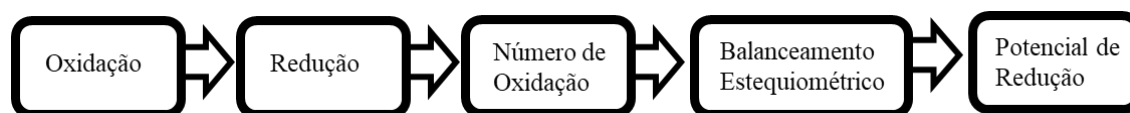


Ao final da explicação é interessante conceituar potencial de redução, para que eles entendam porque essas reações ocorrem com o ferro e não ocorreriam se fossem utilizados metais mais nobres como o cobre por exemplo.

Figura 7 Trecho da Primeira Versão do Guia da Dupla 1

Logo em seguida, ainda no primeiro parágrafo, as licenciandas propõem a retomada dos conceitos de oxidação, redução e número de oxidação. Entretanto, ao longo da interpretação sugerida, de forma análoga à dupla Bárbara e Beatriz, a estrutura conceitual aparece de forma confusa, evidenciando falta de clareza sobre o tema químico escolhido. Depois da indicação de retomada dos conceitos, as orientações ao professor indicam que se

recorra ao nível representacional para explicar a alteração de número de oxidação (NOX) e identificação da espécie que sofre redução e da espécie que sofre oxidação, mas essa articulação não é bem-sucedida, conforme revelado na representação abaixo da sequência conceitual adotada. Isto ocorre, pois, o estudo da equação acontece por meio de balanceamento estequiométrico, desprezando a transferência eletrônica e estabelecendo o potencial de redução do ferro como razão para ocorrência da reação.



Depois da interpretação, é apresentada a tabela dos três níveis de conhecimento químico: i) evidenciando esse desencadeamento conceitual acima explicitado, ii) revelando a dificuldade em identificar os três níveis de conhecimento químico, já que o balanceamento estequiométrico é citado na esfera teórico-conceitual e iii) sem menção à função catalizadora do vinagre:

3º Momento: retomada da tabela contendo os três níveis do conhecimento químico

É importante retomar tudo que foi discutido durante a elucidação do experimento, relacionando os três níveis do conhecimento químico: fenomenológico, representacional e teórico conceitual:

Fenomenológico	Representacional	Teórico-conceitual
- Formação de nova substância avermelhada; - Elevação do nível da água.	$\text{Fe}_{(s)} \rightarrow \text{Fe}^{2+}_{(aq)} + 2e^{-}$ $\text{Fe}^{2+}_{(aq)} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + e^{-}$ $\text{O}_{2(g)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)} + 4e^{-} \rightarrow 4\text{OH}^{-}_{(aq)}$ $4 \overset{0}{\text{Fe}}_{(s)} + 3 \overset{0}{\text{O}}_{2(g)} + 6 \overset{3+}{\text{H}} \overset{2-}{\text{O}}_{(l)} \rightarrow 4 \overset{3+}{\text{Fe}} \overset{2-}{\text{O}} \overset{1+}{\text{H}}_{3(s)}$	Oxirredução; Número de Oxidação; Ionização; Balanceamento estequiométrico; Pressão; Potencial de redução.

Figura 8 Trecho da Primeira Versão do Guia da Dupla 1

Em maior ou menor grau, ambos os guias demonstraram abordagens sustentadas por visões teóricas sobre ensino, aluno e ciência próprias da racionalidade técnica, afinal a interpretação do fenômeno pode nos dar indícios de uma visão de aluno passivo, na medida em que todas as questões foram sugeridas de uma única vez, já no início da segunda parte e as explicações conceituais foram oferecidas de forma afirmativa. Apoiados em Rosa (2004), acreditamos que as ações de ensino propostas são reflexos de outras concepções que fazem parte da atividade docente, como por exemplo, a visão de aluno, professor, de ciência que eles constroem ao longo da vida. Mais do que isso “essas concepções são acompanhadas de rotinas muito bem estabelecidas, estáveis e resistentes à mudanças” (ROSA, 2004, p.38). Por esta razão, não é surpreendente que a introdução dos guias indicasse a ausência de informações, gerando uma expectativa que o aluno descobrisse sozinho o fenômeno, já que, assim como evidenciamos nos capítulos anteriores, o ensino

experimental por descoberta e a aprendizagem com ênfase no aluno foram tendências que marcam a história de formação dos professores de Química no Brasil.

De modo geral os guias preliminares mostravam-se problemáticos, pois havia i) a ausência de informações na primeira parte do guia para que os alunos tivessem condições de pensar sobre o fenômeno; ii) a escassez, em alguns guias, de questões norteadoras; iii) a falta de articulação dos três níveis de conhecimentos químicos; iv) a presença de erros conceituais nas explicações propostas; v) a interpretação do fenômeno que não promovia a aprendizagem do conceito, dada a estrutura conceitual confusa.

A partir da constatação das dificuldades de mediação e de conteúdo próprio da química, nós reprogramamos as atividades para o semestre seguinte. Nesse sentido, além dos comentários feitos por nós no final do primeiro semestre durante as apresentações, nós decidimos introduzir a elaboração de mapas conceituais com o objetivo de ajudar os licenciandos a representar a estrutura conceitual dos temas escolhidos. Assim, eles poderiam, talvez, ter clareza sobre quais ideias químicas deveriam ser explicadas/retomadas/definidas aos alunos junto com a problematização do experimento na primeira parte dos guias.

Iniciamos, portanto, o segundo semestre com a devolutiva dos guias experimentais impressos às duplas e retomando as correções sugeridas nas apresentações que ocorreram no semestre anterior. Após essa introdução, a professora formadora começou a discutir a estrutura conceitual dos guias, por meio do estudo de mapas de estruturas conceituais. Diferente de concepções cognitivistas, foi a partir de pressupostos da abordagem histórico-cultural que tentamos por meio do uso de mapas conceituais promover nos licenciandos o domínio consciente da articulação e hierarquia entre os conceitos, o que envolvia a concepção 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.

Os mapas partiram do pressuposto de que 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 (VIGOTSKI, 1934/2014, p. 215 – nossa tradução).

A orientação para elaboração dos mapas partiu do princípio de que associado ao conceito central (tema químico que se objetivava ensinar a partir do guia) estariam articulados conceitos secundários e/ou terciários e que o mapa seria pensado em dois sentidos: i) ter clareza da organização conceitual no âmbito específico da química, isto é, a estrutura hierárquica entre os conceitos e ii) ter clareza pedagógica de como tais conceitos poderiam ser abordados na explicação dos fenômenos.

Sobre essa clareza pedagógica, propusemos aos licenciandos que elaborassem mapas conceituais referentes aos temas químicos de seus guias experimentais, evidenciando com cores distintas quais conceitos seriam retomados (preto), quais seriam definidos ou transmitidos pelo professor (azul) e quais seriam elaborados (conceitos novos) pelos alunos na interpretação do fenômeno químico sob análise (vermelho). Os alunos tiveram 2 aulas para preparar tais mapas, durante esses dias nós orientávamos as duplas com sugestões e explicação de eventuais dúvidas. Terminada essa tarefa, durante as próximas 3 aulas, os alunos apresentaram os mapas conceituais elaborados. Já que ambas as duplas construíram o mesmo mapa, pois trabalharam o mesmo tema, trazemos como exemplo o mapa construído por Ágata e Alice:

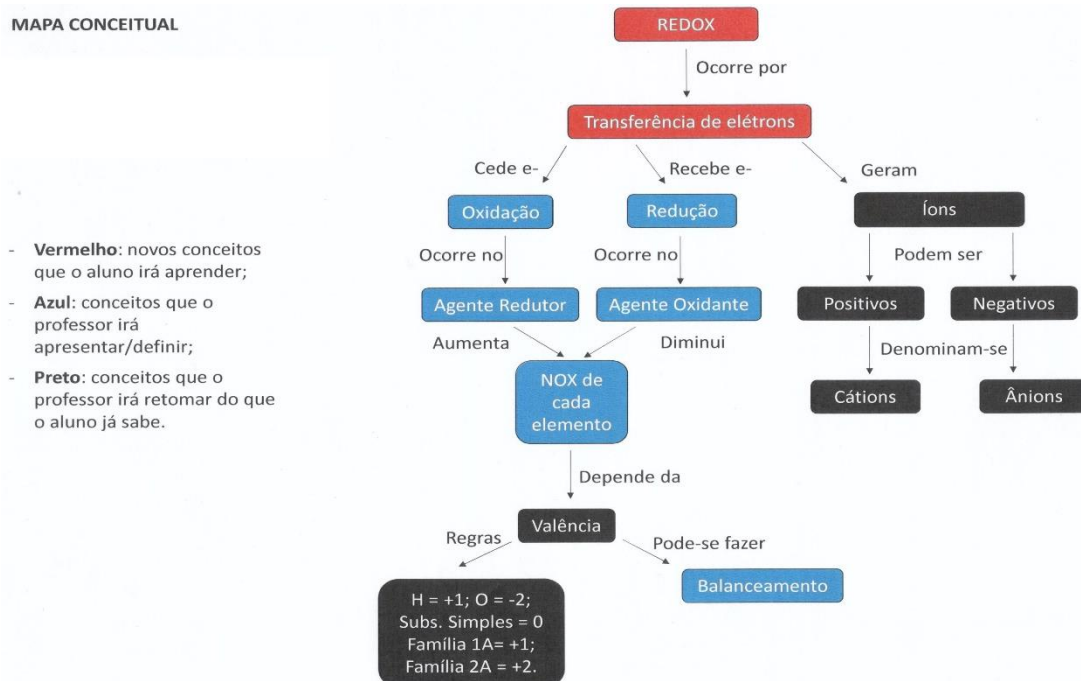


Figura 9 Mapa de estrutura conceitual elaborado pela dupla 1

Como é possível notar, o mapa proposto traz uma organização conceitual distinta das estruturas apresentadas nas versões dos guias analisados. Diferente do que apresentaram, a indicação “*redox que ocorrem por transferência de elétrons*” em vermelho (como conceito que será aprendido pelo aluno) sugere um entendimento do conceito que não determina a fila de reatividade dos metais como explicação que caracteriza as reações do óxido-redução. Além disso, ao considerarem oxidação, redução e número de oxidação como conceitos que serão definidos pelo professor, fica evidente a necessidade de tais ideias químicas serem abordadas durante a problematização do fenômeno.

Em termos metodológicos, inserimos os mapas conceituais como uma etapa da estratégia formativa em função dos resultados preliminares analisados anteriormente. Nosso intuito com essa atividade foi auxiliar os licenciandos na estrutura conceitual do próprio guia, a partir do desenvolvimento consciente da relação entre os conceitos no que se refere ao modo como estão hierarquicamente organizados.

Nesse contexto, associamos a função dos mapas conceituais ao que Vigotski (1926/2013, p. 65 – nossa tradução) chama de instrumentos psicológicos:

como um exemplo de instrumentos psicológicos e seus sistemas complexos podem servir a linguagem, as diferentes formas de numeração e computação, dispositivos mnemônicos, simbolismo algébrico, obras de arte, escrita, mapas, desenhos, todos os tipos de sinais convencionais, etc.

O autor ressalta que 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 (VIGOTSKI, 1926/2013, 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. Segundo Friedrich (2012, p. 63), para Vigotski “é o controle artificial dos fenômenos psíquicos naturais produzidos e desenvolvidos pelo homem com o auxílio de instrumentos psicológicos que se encontra no centro de suas preocupações e é também esse controle que constitui, segundo o autor, a essência do processo de desenvolvimento”. Deste modo, esperávamos que o mapa servisse de instrumento que auxiliasse na tomada de consciência

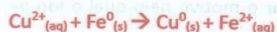
da sistematização conceitual que envolvia o tema químico escolhido para ser abordado no guia.

Após a elaboração dos mapas, foi solicitado aos licenciandos que reelaborassem seus guias à luz da estrutura conceitual dos temas químicos construída. Para finalização da disciplina, os futuros professores reaperceberam a segunda versão do guia investigativo por eles elaborada.

A segunda versão do guia da primeira dupla que analisamos apresentou mudanças significativas. Bárbara e Beatriz, à luz de nossas sugestões durante a primeira apresentação e do mapa de estrutura conceitual elaborado introduziram na problematização a retomada dos conceitos de ligação iônica e solvatação, além de definirem o conceito de número de oxidação. Também, ainda nesse primeiro momento, explicitaram a equação que representava a reação ocorrida, indicando-a ao professor como meio de se refletir sobre o fenômeno possibilitando a articulação entre os três níveis de conhecimento químico: *“É importante pedir aos alunos que observem atentamente as alterações que estão presenciando e incentivá-los a refletir sobre o porquê estas mudanças macroscópicas estão ocorrendo buscando relacionar com a equação química representada”*. Estas alterações podem ser vistas na figura a baixo:

Apresentação do fenômeno a ser investigado:

Em um becker foi adicionado uma solução de sulfato de cobre (CuSO₄) de coloração azul e em outro becker foi adicionado solução de sulfato de zinco (ZnSO₄) de coloração transparente (Figura 1). Em seguida, foram adicionados em cada solução um pedaço de palha de aço basicamente composta de ferro. Após alguns instantes havia uma camada de coloração avermelhada sobre a palha de aço submersa na solução de sulfato de cobre e a solução apresentava um azul mais claro se comparado ao início do experimento, pois a seguinte reação ocorreu:



Porém, na palha de aço submersa na solução de sulfato de zinco, nenhuma alteração visível ocorreu (Figura 2).

Nesta etapa, é necessário lembrar aos alunos a respeito de ligações iônicas e como ocorre a dissociação. Além disso, também é preciso explicar aos alunos o conceito de NOX (número de oxidação).

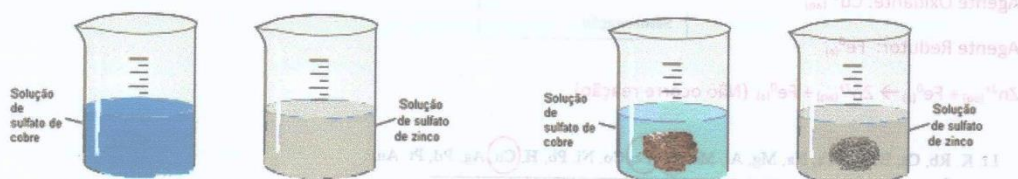


Figura 1: Ilustração das soluções antes da adição da palha de aço. Figura 2: Ilustração das soluções após a adição da palha de aço

É importante pedir aos alunos que observem atentamente às alterações que estão presenciando e incentivá-los a refletir sobre o porquê estas mudanças macroscópicas estão ocorrendo buscando relacionar com a equação química apresentada. Como sugestão, alguns questionamentos podem ser feitos a fim de orientar a reflexão dos alunos: Quais são as transformações macroscópicas que vocês estão observando? De acordo com a reação, o que vocês sugerem que seja este depósito avermelhado sobre a palha de aço? Por que vocês imaginam que não foi possível observar alterações na palha de aço submersa na solução de sulfato de zinco? Quais são as ideias e conceitos químicos que podem nos ajudar a compreender o que ocorreu nos dois procedimentos? Por favor, discutam em grupos e de acordo com as respostas obtidas destas questões, preencham a seguinte tabela:

Fenomenológico	Representacional	Teórico-conceitual

O tempo para que os alunos discutam em grupo suas ideias a respeito dos fenômenos observados pode ser de 10 minutos, a fim de que a partir das ideias deles, você professor, auxilie na interpretação e explicação do experimento.

Figura 10 Trecho da Segunda Versão do Guia da Dupla 2

Na interpretação do fenômeno, as questões não foram todas feitas de uma única vez e dão indícios de um raciocínio mais organizado sobre o experimento. As licenciandas sugerem que o professor parta do conceito de número de oxidação e questione os alunos sobre qual seria a causa da mudança desse número, possibilitando, assim, condições para que os alunos orientem sua atenção para o papel da transferência de elétrons nesse tipo de reação.

No desenvolvimento do diálogo, a articulação entre os níveis de conhecimento químico é mais bem estabelecida, pois, Barbara e Beatriz evidenciam a importância de “destacar aos alunos que esse balanceamento pode ser feito através dos elétrons envolvidos: Como podemos representar a equação demonstrando a transferência de

elétrons?”, possibilitando condições para a sistematização do conceito por meio da significação da linguagem química:

A interpretação do fenômeno:

Embora o objetivo referente a oxidorredução não tenha sido dito no início da aula, é importante tê-lo em mente e mais que isso, ter total domínio do conteúdo e conhecer os conceitos químicos que são necessários os alunos dominarem para compreender o fenômeno. Algumas questões podem ser feitas a fim de direcioná-los à construção do conhecimento científico: **Qual é a principal diferença entre uma solução e outra? Por que a coloração da solução de sulfato de cobre sofreu alteração? Houve alteração do NOX nos metais? Se houve alteração no NOX, qual foi a causa desta alteração?**

Com estas questões é esperado que os alunos citem os elétrons, então este pode ser o momento adequado para discutir e explicar aos alunos o conceito de oxirredução e agentes redutores e oxidantes. Após a discussão, sugerimos os seguintes questionamentos referentes à reação ocorrida:

Qual é o agente redutor? Qual é o agente oxidante? Qual sofreu oxidação? Qual sofreu redução? Comparando os dois procedimentos, por que o íon de cobre reagiu com o ferro e íon de zinco não reagiu? Após os alunos expressarem suas ideias, você professor, pode explicar sobre a fila de reatividade dos metais, demonstrando que cada metal tem uma forma de interação que varia conforme sua reatividade e nobreza.

Pensando no balanceamento da equação é importante destacar aos alunos que esse balanceamento pode ser feito através dos elétrons envolvidos: **Como podemos representar esta equação demonstrando a transferência de elétrons?**

Com as equações químicas na lousa, pode se aproveitar a oportunidade para com a ajuda dos alunos classificar os agentes redutores e oxidantes representando a reação de oxidorredução e também apresentar a tabela que consta a fila de reatividade dos metais para que os alunos compreendam melhor o motivo pelo qual o íon de zinco não reagiu com o ferro:

$$\text{Cu}^{2+}_{(aq)} + \text{Fe}^0_{(s)} \rightarrow \text{Cu}^0_{(s)} + \text{Fe}^{2+}_{(aq)}$$

Sofreu redução Sofreu oxidação

Agente Oxidante: $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$

Agente Redutor: $\text{Fe}^0_{(s)}$

$$\text{Fe}^0_{(s)} \rightarrow \text{Fe}^{2+}_{(aq)} + 2e^-$$

$$\text{Cu}^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow \text{Cu}^0_{(s)}$$

Semi-reação

$$\text{Zn}^{2+}_{(aq)} + \text{Fe}^0_{(s)} \rightarrow \text{Zn}^{2+}_{(aq)} + \text{Fe}^0_{(s)} \text{ (Não ocorre reação)}$$

Li, K, Rb, Cs, Ba, Sr, Ca, Na, Mg, Al, Mn, **Zn**, Fe, Co, Ni, Pb, H, **Cu**, Ag, Pd, Pt, Au

← **Maior reatividade, Menor nobreza**

Figura 11 Trecho da Segunda Versão do Guia da Dupla 2

A terceira parte do guia permaneceu do mesmo jeito da versão anterior, conforme vemos a seguir:

Retomada da tabela que traz os três níveis do conhecimento química:

A fim de retomar tudo o que foi discutido durante a aula, é importante preencher a tabela com os três níveis do conhecimento químico juntamente com os alunos, assim ficará ainda mais claro a explicação e equações químicas que representam as alterações macroscópicas que observaram a partir dos procedimentos:

Fenomenológico	Representacional	Teórico-conceitual
Becker com sulfato de cobre: - Descoloração da solução azul; - Depósito de material avermelhado sobre a palha de aço;	Becker com sulfato de cobre: $\text{Fe}^0_{(s)} \rightarrow \text{Fe}^{2+}_{(aq)} + 2e^-$ $\text{Cu}^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow \text{Cu}^0_{(s)}$ $\text{Cu}^{2+}_{(aq)} + \text{Fe}^0_{(s)} \rightarrow \text{Cu}^0_{(s)} + \text{Fe}^{2+}_{(aq)}$	Solubilidade; Ligação iônica; Mobilidade iônica; Oxidorredução (transferência de elétrons); NOX / Valência; Agente redutor e agente oxidante; Filas de reatividade.
Becker com sulfato de zinco: - Nenhuma alteração foi observada.	Becker com sulfato de zinco: Não ocorreu reação	

Figura 12 - Trecho da Segunda Versão do Guia da Dupla 2

No que tange à dupla Alice e Ágata, a segunda versão do guia também apresentou mudanças significativas:

1º Momento: apresentação do fenômeno a ser investigativo.

Primeiramente, um pequeno pedaço da esponja deve ser embebido em vinagre por cerca de um minuto e sacudido para a retirada do excesso de vinagre. Em seguida, a esponja deve ser introduzida na proveta, que rapidamente deve ter a extremidade superior tapada pelo êmbolo e a inferior mergulhada na água contida no béquer ou copo, evitando deste modo o contato da esponja com o oxigênio do ar no exterior da proveta.

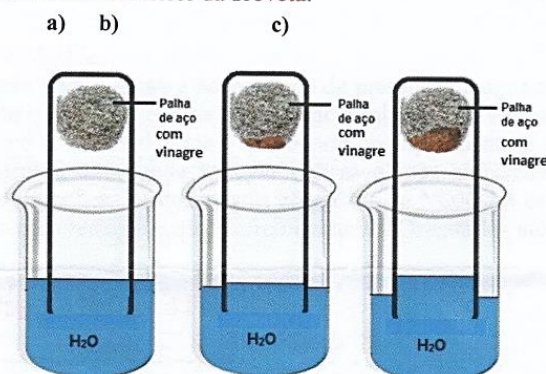


Figura 1. Montagens do experimento respectivamente no estágio inicial (a), intermediário (b) e final (c) da reação de oxidação da palha de aço.

Após a observação do experimento, é importante que o professor questione seus alunos no sentido de incentivá-los a pensar no que está ocorrendo e representar na lousa a oxidação da esponja de aço. A equação geral irá facilitar que os alunos observem o que está ocorrendo microscopicamente. Nesse ponto o professor deve explicar os conceitos de oxidação, redução e número de oxidação (NOX) fazendo exercícios junto com os alunos para que posteriormente eles consigam identificar na equação do experimento as mudanças de NOX que ocorrem.



Algumas questões durante a discussão podem orientar o raciocínio dos alunos: Qual a composição da esponja de aço? Porque a esponja de aço adquire uma coloração diferente? Qual reação química ocorre para que ela tenha sua aparência modificada? Por que se observa a elevação do nível de água na proveta? Por que após certo instante o nível de água não se eleva mais? A partir das respostas das questões acima, se reúnam em grupo e preencham a tabela abaixo.

Fenomenológico	Representacional	Teórico-conceitual
----------------	------------------	--------------------

Figura 13 Trecho da Segunda Versão do Guia da Dupla 1

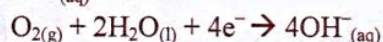
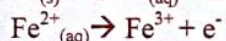
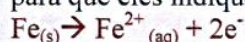
Diferente da primeira versão que apresentava uma problematização totalmente alicerçada em aspectos macroscópicos, nesta segunda versão, Ágata e Alice sugerem a introdução dos conceitos de oxidação, redução e número de oxidação e promovem condições para articulação dos três níveis de conhecimento quando afirmam que “A equação geral irá facilitar que os alunos observem o que está acontecendo microscopicamente” e indicam a equação geral.

Na segunda parte do guia, a interpretação desenvolve-se da seguinte forma:

2º Momento: a interpretação do fenômeno

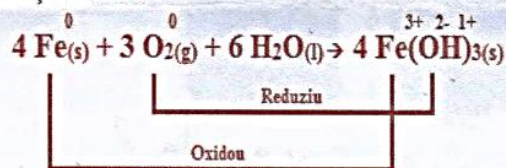
Professor, embora o objetivo da aula não tenha sido citado até o momento (reações que envolvem transferência de elétrons), após o preenchimento do quadro é possível avaliar quais as dificuldades do aluno em interpretar o experimento. É importante retomar os conceitos já citados anteriormente e se aprofundar nas explicações. É fundamental destacar que a palha de aço foi mergulhada em vinagre, que é uma solução aquosa, a partir desse ponto pode-se trabalhar o conceito de íons, facilitando a compreensão do NOX. Para que o aluno identifique porque a água sobe pela proveta, ele deve conhecer o conceito de pressão, caso haja necessidade o professor pode inserir esse conceito nas suas explicações. Sugerimos as seguintes questões norteadoras: Qual produto formado na palha de aço após certo tempo? Quem está sofrendo redução e quem está sofrendo oxidação no experimento? Qual a relação entre pressão e a modificação do volume de água no recipiente? Qual reação ocorreu com a palha de aço? Qual o papel do vinagre (ácido acético) na reação? O que aconteceria se o vinagre não fosse utilizado?

Neste ponto é importante representar as semirreações de oxidação e redução e pedir para que eles indiquem qual reação representa a redução e qual representa a oxidação.



Deve ficar claro para o aluno a necessidade da presença da água na oxidação da palha de aço, nesse momento o professor retoma a função de catalisador do vinagre.

Quando o aluno compreender que o que ocorre no experimento é uma transferência de elétrons entre as espécies, você pode solicitar que os alunos representem a equação geral novamente, porém agora podem demonstrar as alterações de NOX das espécies e em seguida indicar qual espécie sofreu redução e qual sofreu oxidação. Orientá-los até que eles cheguem a representação abaixo:



Ao final da explicação é interessante conceituar potencial de redução, para que eles entendam porque essas reações ocorrem com o ferro e não ocorreriam se fossem utilizados determinados metais. Em outras aulas, o professor pode abordar balanceamento por oxirredução, sendo um conceito complexo, necessita de mais tempo para ser trabalhado.

Figura 14 Trecho da Segunda Versão do Guia da Dupla 1

Embora as questões não estejam mais diluídas ao longo do diálogo proposto para a análise do fenômeno, desta nova versão podemos destacar como mudanças importantes:

primeiro, a correção conceitual, pois, se no primeiro guia a transferência de elétrons nem era mencionada, nesta versão o guia cumpre seu papel investigativo e promove a elaboração de conceito abstrato caracterizando as reações de óxido-redução de forma adequada. Segundo, as sugestões ao professor do quarto parágrafo possibilitam uma articulação adequada entre os três níveis de conhecimento químico, na medida em que retomam, introduzem conceitos e sugerem a sistematização do conceito por meio da representação final.

Apesar das referidas mudanças, ambas duplas de licenciandas, continuam a marcar a conceito de potencial de redução (chamada de fila de reatividades dos metais pela dupla 2). Ressaltamos que tal abordagem continua sendo apresentada de forma equivocada e dispensável¹³ na interpretação do experimento.

No terceiro momento, quando é preenchida a tabela dos três níveis de conhecimentos químicos, temos indícios da reestruturação conceitual quando as futuras professoras escrevem os conceitos mobilizados. Todavia ao colocarem o “balanceamento por oxido-redução” como ideia química final do movimento de interpretação da experiência, revelam falta de clareza sobre os três níveis de conhecimento. Outro aspecto que nos chama atenção é ausência do termo transferência de elétrons na coluna dos conhecimentos teórico-conceituais:

3º Momento: retomada da tabela contendo os três níveis do conhecimento químico

É importante retomar tudo que foi discutido durante a elucidação do experimento, relacionando os três níveis do conhecimento químico: fenomenológico, representacional e teórico conceitual:

Fenomenológico	Representacional	Teórico-conceitual
- Formação de nova substância avermelhada; - Elevação do nível da água.	$\text{Fe}_{(s)} \rightarrow \text{Fe}^{2+}_{(aq)} + 2e^{-}$ $\text{Fe}^{2+}_{(aq)} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + e^{-}$ $\text{O}_{2(g)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)} + 4e^{-} \rightarrow 4\text{OH}^{-}_{(aq)}$ $4\overset{0}{\text{Fe}}_{(s)} + 3\overset{0}{\text{O}}_{2(g)} + 6\text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow 4\overset{3+}{\text{Fe}}\overset{2-}{(\text{OH})}_{3(s)}$	Oxidação e Redução; Número de Oxidação; Íons; Pressão; Potencial de redução; Balanceamento por oxirredução.

Figura 15 Trecho da Segunda Versão do Guia da Dupla 1

¹³ O conceito de potencial de redução abordado por ambas duplas, é tratado de forma errônea. Do modo como são introduzidos por Bárbara e Beatriz, por exemplo, podem induzir o aluno a conceber a ideia de que a força redutora se situe nos próprios metais: “[...] você, professor, pode explicar sobre a fila de reatividade dos metais, demonstrando que cada metal tem uma forma de interação que varia conforme sua reatividade e nobreza”. Não obstante, seria necessário definir que o potencial de redução dos metais é sempre relativo sendo, no caso da referida tabela de potenciais de redução, estabelecido em relação ao eletrodo padrão de Hidrogênio.

Ao atribuímos às atividades experimentais a função de propiciar aos alunos a exploração e a interpretação de fenômenos, incluindo a identificação e a reelaboração de suas ideias prévias, tínhamos por objetivo que os licenciandos elaborassem guias preocupados em promover condições para que alunos conseguissem elaborar conceitos e desenvolvessem habilidades de raciocínio. Em outras palavras, divergente da experimentação para comprovação da teoria, estávamos conceituando a experiência como uma atividade de desenvolvimento da abstração tal como Silva, Machado e Tunes (2010) explicitaram ao associá-la à escrita e ao desenho. Nessa perspectiva, do processo de reconstrução do guia das duplas Bárbara e Beatriz e Ágata e Alice, podemos destacar três aspectos como relevantes.

O primeiro diz respeito à reelaboração do conceito de experiência investigativa, porque se na primeira versão do guia tínhamos indícios de um movimento de comprovação da fila de reatividade dos metais, nesta última, a interpretação proposta possibilita a formação do conceito de óxido-redução por meio da análise do fenômeno, cumprindo a função investigativa da experimentação.

Essa mudança de concepção não é fácil, visto que a dificuldade em propor abordagens de ensino numa perspectiva investigativa pode estar associada aos modos como são assumidas as atividades experimentais dentro da lógica do próprio curso de formação:

Como essa discussão é pedagógica, a mesma dificuldade sinaliza para entendimentos sobre currículos pouco fortalecidos teoricamente, em que prevalece a supremacia de conteúdos específicos de química em detrimento de conteúdos pedagógicos. E naqueles, o que importa é a demonstração de uma teoria, a verificação (GALIAZZI & GONÇALVES, 2004, p. 326).

Nesse sentido, recorrer às discussões sobre o caráter infrutífero da experimentação comprovativa no que se refere às possibilidades de interações e aprendizagens em sala de aula foi um trabalho constante durante todo o processo e importante para a reelaboração dessa concepção. Em todas as nossas ponderações, durante as correções dos guias, reivindicávamos à aula experimental mais ênfase na discussão e interpretação de fenômenos químicos em nível teórico conceitual e não majoritariamente macroscópico, sendo que esse movimento foi desenhado por essas duas duplas durante a reelaboração dos guias.

O segundo aspecto a ser destacado refere-se ao início de mudança de visão de ensino, já que o diálogo proposto se estabeleceu com mediações que privilegiaram os

sujeitos em interação. Com isso, a relação aluno-professor parece ser compreendida na dinâmica interativa, diferente do modelo de transmissão-recepção.

Esse aspecto está relacionado ao papel assimétrico do professor nas relações de ensino-aprendizagem. Assim, em oposição às primeiras versões que priorizavam aspectos macroscópicos em detrimento dos outros dois níveis de conhecimentos químicos, na segunda versão, ambas as duplas indicaram processos interativos e dinâmicos sugerindo ao professor intervenções deliberadas voltadas para a elaboração de explicações e significações no nível teórico-conceitual.

Tal atividade implicou a proposição de mediações docentes, articulando conceitos teóricos que explicassem ou interpretassem constatações fenomenológicas. A esse respeito, Silva e Zanon (2000, p.135-136) apontam:

[...] reiteramos que é essencial, aos processos interativos e dinâmicos que caracterizam a aula experimental de ciências, a ajuda pedagógica do professor que, em relação não simétrica, faz intervenções e proposições sem as quais os alunos não elaborariam as novas explicações aos fatos explorados na sala de aula. Tal exploração não se baseia na observação empiricamente construída, mas sim, na problematização, tematização e conceitualização com base em determinados aspectos práticos/fenomenológicos evidenciados.

Portanto, podemos considerar que tais reelaborações acenam para um movimento de superação daquelas duas marcas ainda presentes no campo da formação inicial de professores de química: a visão simplista de docência e a concepção empirista de ciência.

Por fim, o terceiro aspecto diz respeito ao domínio do conteúdo químico a ser ensinado articulado à mudança de concepção de experimentação e ensino, pois tanto o diálogo quanto o caráter investigativo da interpretação estabelecidos podem promover a aprendizagem na medida em que estão baseados numa estrutura conceitual lógica e sistematizada. Ainda sobre o domínio do conteúdo, a partir das versões reelaboradas é possível apreender que a compreensão adequada do conteúdo químico (a estrutura conceitual) resultou em melhoria nos modos de articulação entre os três níveis de conhecimento químico.

5.2.2. Análise de um guia experimental investigativo sobre solubilidade

O guia experimental investigativo focalizado foi produzido por Hebe e Flora (dupla 3) e o tema privilegiado pelas futuras professoras foi solubilidade.

Como o próprio título anuncia, o objetivo do guia era trabalhar “*modelo de partículas para explicar a interação soluto-solvente e solubilidade*”. O experimento proposto baseia-se na adição do sal sulfato de cobre penta hidratado ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) em dois béqueres: um contendo água e o outro com aguarrás. O fenômeno foi problematizado da seguinte maneira:

Protocolo Experimental: modelo de partículas para explicar interação soluto-solvente e solubilidade.

Este é um roteiro de orientação do trabalho do professor. Os escritos em azul referem-se às teorias das quais você, professor, pode orientar seus alunos. Os escritos em vermelho são indicações e questionamentos que podem ser oferecidos aos alunos. É importante ressaltar que tais sugestões foram elaboradas no esforço de auxiliar o aluno a interpretar o fenômeno à luz de outros conceitos químicos, extrapolando, assim, o que a experiência macroscópica pode nos informar. O objetivo da aula não deve ser dito para não perder o caráter investigativo. Desta forma, os alunos poderão articular melhor os níveis macroscópico e microscópico.

1º momento: apresentação do fenômeno a ser investigado.

Em dois béqueres, um contendo água e outro contendo aguarrás (solvente orgânico, hidrocarbonetos, $\text{C}_{10}\text{H}_{16}$), foram adicionados alguns cristais de sulfato de cobre (CuSO_4). Após alguns minutos, nota-se que, mesmo em repouso, a cor azul, característica do CuSO_4 , vai se espalhando espontaneamente pelo béquer com água (figura 1). Todavia, o mesmo não se observa no béquer contendo aguarrás (figura 2).

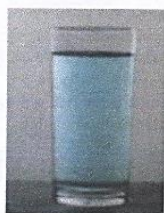


Figura 1: CuSO_4 em água



Figura 2: CuSO_4 em aguarrás

É importante que os alunos observem o fenômeno e você, professor, incentive-os a pensar em uma explicação para o ocorrido. Algumas questões para auxiliar a discussão:

- Quais são as mudanças macroscópicas que vocês perceberam? Por que no béquer que continha água houve esse “espalhamento” do sulfato de cobre e no béquer que continha aguarrás não? Por que no béquer que continha água houve mudança de cor? O que vocês sugerem para explicar o fenômeno? Quais conceitos químicos podem explicá-lo? Qual é a equação química que representa o fenômeno ocorrido? Respondam as questões propostas, preenchendo a tabela abaixo:

Fenomenológico	Representacional	Teórico- Conceitual

Figura 16 Trecho da Primeira Versão do Guia da Dupla 3

Assim como já ilustrado na análise dos guias sobre o óxido-redução, esta primeira versão proposta por Hebe e Flora não fugiu à característica geral de exaltação dos aspectos macroscópicos em detrimento dos níveis teórico-conceitual e representacional. Após a explicação do fenômeno, as licenciandas marcam a importância de os alunos observarem o experimento e sugerem ao professor questões que os incentive a pensar sobre o ocorrido.

No entanto, as indagações, que estão mais centradas nas mudanças concretas, não são acompanhadas de nenhuma informação que possibilite condições, por exemplo, de elaborar respostas às duas últimas interrogações que se referem aos conceitos e à equação química que explicassem as interações visualizadas.

No desdobramento da interpretação construída, a segunda parte do guia organiza-se conforme figura abaixo:

2º momento: a interpretação do fenômeno

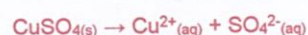
Professor, apesar de você não poder indicar aos seus alunos o objetivo dessa aula – modelo de partículas para explicar interação e solubilidade – você precisa ter noção de quais conceitos teóricos seus alunos precisam ter domínio e se orientar para interpretar o fenômeno. Propomos que, na retomada da discussão, você guie seus alunos a pensar na diferença entre os dois procedimentos – o copo com água e o outro com aguarrás – e a partir disto, como o sulfato de cobre interagiu com esses dois sistemas. Para tal, é interessante orientá-los a pensar na interação das partículas do soluto (interação soluto-soluto), nas interações de partículas do solvente (interação solvente-solvente) e na interação soluto-solvente, explicando que a energia liberada na formação das interações soluto-solvente tem de compensar energeticamente a quebra das interações soluto-soluto. Algumas questões para direcionar-se:

Qual é a principal diferença entre uma solução e outra? Há os mesmos solventes nos dois sistemas? Qual dos dois sistemas ocorreu a interação soluto-solvente? Por que houve interação soluto-solvente apenas com a água? O que causou essa interação?

Após entender o porquê houve dissolução apenas na água, é importante pensar como se deu essa dissolução. Para isso, é interessante recapitular o tipo de ligação que forma o sal e os movimentos das partículas, questionando:

Qual o tipo de ligação que forma o sulfato de cobre? Conhecendo o tipo de ligação que o forma, como a água interage com ele?

Professor, aqui é importante que se represente a solvatação dos íons para que os alunos comecem a pensar na existência de íons livres em solução. Peça aos alunos, também, para escreverem as equações que representam a dissolução iônica:



Pensando a respeito dos íons livres em solução é interessante, agora, que os alunos sejam orientados a pensar em movimentação dos íons no procedimento com a água:

Quando adicionamos o sulfato de cobre na água, logo ele foi para o fundo do béquer, mas depois se espalhou por toda parte. Qual a explicação para isso? Com relação à aguarrás, por que o sulfato de cobre permaneceu no fundo do recipiente?

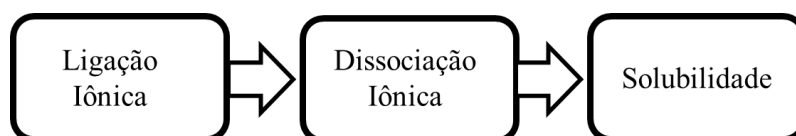
Figura 17 Trecho da Primeira Versão do Guia da Dupla 3

Logo no primeiro parágrafo, Hebe e Flora chamam atenção para o jogo de forças que acontece na formação de uma solução: a necessária interação soluto-solvente que pressupõe, neste caso do sulfato de cobre em água, a dissolução de um soluto por meio da substituição das forças de atração soluto-soluto (entre os íons do sal) por atrações soluto-solvente (entre íons do sal e as extremidades polares da molécula de água).

Porém, após evidenciarem essa intenção, as primeiras questões sugeridas são as mesmas da problematização da primeira parte do guia, inviabilizando que os alunos cheguem a esse raciocínio na medida em que direcionam a atenção para os aspectos do nível fenomenológico (para o objeto e não para o conceito).

Somente em seguida à retomada do experimento pelos aspectos macroscópicos é que a dupla indica o conceito de dissolução por meio da recapitulação do tipo de ligação que constitui o solvente (ligação iônica) e pede que o professor ajude a escrever a equação que representa a dissolução iônica. Mas, o modo como Hebe e Flora sistematizam essa interação apresenta-se incompleto, pois não há introdução da estrutura de ligação do solvente (a água), dificultando a compreensão de solvatação dos íons (processo em que as moléculas de água polares envolvem os íons e os retiram do retículo cristalino).

Como consequência, na última indicação de questões das licenciandas que indagam sobre o porquê de o sulfato de cobre se espalhar na água e permanecer no fundo do béquer que continha aguarrás, revelam-se impossíveis de serem respondidas pelo aluno, segundo o encadeamento de conceitos, abaixo representado, adotado pela dupla:



Por fim, a tabela dos três níveis de conhecimento químico, é preenchida conforme figura a baixo:

3º momento: retomada da tabela que traz os três níveis de conhecimento químico.

Professor, neste momento é importante retomar junto com os alunos a tabela com os três níveis do conhecimento químico, organizando as observações macroscópicas, as equações químicas e os conceitos teóricos que as explicam:

Fenomenológico	Representacional	Teórico- Conceitual
No béquer contendo água, o CuSO_4 dissolveu e no contendo aguarrás, não.	$\text{CuSO}_{4(s)} \rightarrow \text{Cu}^{2+}_{(aq)} + \text{SO}_4^{2-}_{(aq)}$	Ligação iônica; Dissociação iônica; Mobilidade iônica; Interação soluto-solvente; Solubilidade;

Figura 18 Trecho da Primeira Versão do Guia da Dupla 3

A análise até aqui exposta nos indica duas características, a primeira, relacionada à visão empirista de ciência, já que ao recorrerem ao macroscópico para explicar as interações

soluto-solvente, evidenciam a concepção de que o conhecimento emana da observação. Apesar de o guia apresentar uma estrutura investigativa, as questões suscitadas são difíceis para os alunos responderem, pois não há na organização conceitual construída a ênfase necessária nas representações da simbologia química que sustentem, por exemplo, o conceito de solvatação.

A segunda característica tange à articulação dos três níveis de conhecimentos químicos, pois conceituar as interações soluto-solvente, implica representá-las por meio das respectivas fórmulas estruturais do soluto e do solvente. Portanto, ainda que na terceira coluna da tabela dos três níveis de conhecimento químico tenham sido registrados os conceitos de solubilidade e interação soluto-solvente, efetivamente, eles poderiam ser mais bem explorados por meio da simbologia química.

Nesse sentido, ao final da apresentação de Hebe e Flora, pontuamos as seguintes sugestões sobre a primeira versão do guia por elas elaborada:

- (1) *Professora: Muito bem! Olha vou fazer uma pergunta de aluna: “com a água entendi, mas e com a aguarrás?” E aí, como é que vocês respondem?*
- (2) *Hebe: A gente podia falar da interação do soluto-soluto das partículas, que é preciso energia... [olha para a amiga]*
- (3) *Flora: Precisa de energia para formar uma nova interação, a de soluto-solvente. E com a aguarrás essa interação não acontece.*
- (4) *[Silêncio]*
- (5) *Professora: O experimento de vocês é bastante visível, mas o que está por trás de isso tudo... Aliás, professores [dirigindo-se aos alunos] o que está por trás desse experimento?*
- (6) *Miguel: Polaridade?*
- (7) *Professora: Também, mas não só.*
- (8) *Júlio: Ligação Iônica?*
- (9) *Professora: Pois é, elas exploraram bem, mas... Por que não acontece igual com a aguarrás?*
- (10) *Flora: Por causa da estrutura da aguarrás?*
- (11) *Professora: Então[fazendo sinal positivo com a cabeça], o que está em jogo aí é a natureza distinta das ligações químicas envolvidas, porque é isso que de fato vai promover a interação. Na água, temos moléculas polares em contato com íons e uma interação que favorece o rompimento do cristal iônico. E na aguarrás, eu não me lembro da fórmula, mas é uma cadeia enorme...*
- (12) *Hebe: É uma estrutura grande de cadeia carbônica.*

(13) Professora: *É, eu não me lembro... Mas é um tipo de ligação... ligação covalente e que não tem polaridade. E se não tem polaridade no solvente, não há possibilidade de romper esse cristal. Ou seja, é um tema difícil, o que vocês mostraram impacta o aluno, mas o professor terá que trabalhar bem essa questão conceitual, porque o aluno sozinho não faz essa articulação.*

(14) Pesquisador: *Vocês precisam trabalhar mais essa parte abstrata! Vocês precisam mostrar a estrutura dos solventes...*

(15) Professora: *E vocês não podem solicitar que sozinho o aluno pense sobre a aguarrás.*

(16) Flora: *Tudo bem, está certo.*

[Trecho da aula 14, durante o primeiro semestre]

O diálogo aconteceu durante a aula 14, logo após o término da apresentação das licenciandas. Como é possível perceber, diferente das duplas já analisadas, que apresentavam confusões conceituais que comprometiam a interpretação dos fenômenos, Hebe e Flora careciam de direcionamentos que as ajudassem a melhor explorar a linguagem química na conceituação das interações solvente-soluto. Desta forma, durante os turnos 1, 4, 8 e 10 a professora explicita o conceito central para a explicação da experiência, inclusive com a participação dos demais alunos e nos turnos 12, 13 e 14 nós alertamos para a importância de conceituar as interações por meio da fórmula estrutural da água e da aguarrás.

Em função das orientações acima apontadas e da participação nas aulas sobre os mapas de estrutura conceitual, no final do segundo semestre as alunas entregaram a última versão do guia sobre solubilidade. No que tange ao mapa conceitual criado pelas licenciandas, destacamos elas relacionaram os conceitos, conforme representado na figura a seguir. Neste, indicados como conceitos que os alunos vão aprender estão: solubilidade e interação entre as partículas; os conceitos que seriam definidos são: dissociação iônica, solvatação, solvente, soluto e polaridade; os conceitos retomados: compostos iônicos e covalentes e estados sólido, líquido e gasoso das soluções.

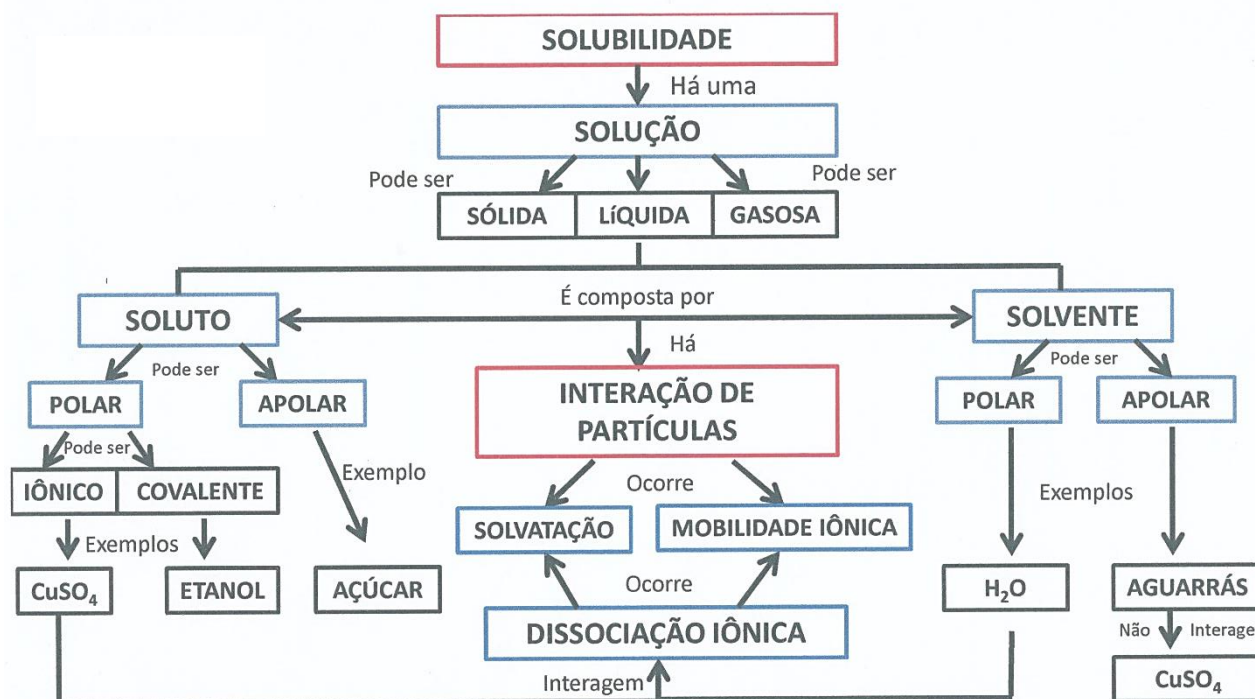


Figura 19 Mapa de Estrutura Conceitual Elaborado pela Dupla 3

Wenzel (2013, p. 52) reitera que o esforço de construção de mapas conceituais pode contribuir para ultrapassarmos a visão de que a apropriação conceitual requer apenas a repetição de uma definição estática e acabada da palavra. Logo, diagramar os conceitos segundo uma relação hierárquica, auxilia na compreensão da gama de conexões que explica porque um conceito está interligado a outro. Segundo a autora, essa atividade pode possibilitar a formação inicial de um pensamento químico e promover: “a superação da ideia de que o significado do conceito está no próprio conceito, pois possibilita ao estudante ampliar o significado atribuído a um determinado conceito partindo das diferentes relações que ele consegue atribuir aos diferentes conceitos” (WENZEL, 2013, p. 52).

Dessa perspectiva, o diferencial da segunda versão do guia, como veremos a seguir, está na melhoria da articulação dos três níveis de conhecimentos químicos: há mudança de problematização do experimento por meio da linguagem química e há ênfase nas interações de partículas que a construção do mapa conceitual evidenciou possibilitar. Se na versão anterior não existia nenhuma informação inicial que possibilitasse ao aluno pensar em nível microscópico sobre o porquê da diferença de comportamento do sulfato de cobre nos dois sistemas, na seguinte, as licenciandas introduzem a representação das interações solvente-soluto por meio de suas respectivas fórmulas estruturais. Em vista disso, o próprio guia sugere: “antes mesmo de iniciar os questionamentos, é aconselhável

mostrar aos alunos as fórmulas estruturais dos dois solventes, para que eles possam refletir melhor em relação às estruturas e suas ligações e assim tentar responder as questões propostas”.

Protocolo Experimental: modelo de partículas para explicar interação soluto-solvente e solubilidade.

Este é um roteiro de orientação do trabalho do professor. Os escritos em azul referem-se às teorias das quais você, professor, pode orientar seus alunos. Os escritos em vermelho são indicações e questionamentos que podem ser oferecidos aos alunos. É importante ressaltar que tais sugestões foram elaboradas no esforço de auxiliar o aluno a interpretar o fenômeno à luz de outros conceitos químicos, extrapolando, assim, o que a experiência macroscópica pode nos informar. O objetivo da aula não deve ser dito para não perder o caráter investigativo. Desta forma, os alunos poderão articular melhor os níveis macroscópico e microscópico.

1º momento: apresentação do fenômeno a ser investigado.

Em dois béqueres, um contendo água e outro contendo aguarrás (solvente orgânico, hidrocarbonetos, $C_{10}H_{16}$), foram adicionados alguns cristais de sulfato de cobre ($CuSO_4$). Após alguns minutos, nota-se que, mesmo em repouso, a cor azul, característica do $CuSO_4$, vai se espalhando espontaneamente pelo béquer com água (figura 1). Todavia, o mesmo não se observa no béquer contendo aguarrás (figura 2).

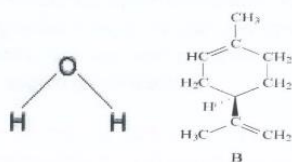


Figura 1: $CuSO_4$ em água



Figura 2: $CuSO_4$ em aguarrás

É importante que os alunos observem o fenômeno e você, professor, incentive-os a pensar em uma explicação para o ocorrido. Antes mesmo de iniciar os questionamentos, é aconselhável mostrar aos alunos as fórmulas estruturais dos dois solventes, para que eles possam refletir melhor em relação às estruturas e suas ligações e assim tentar responder as questões propostas.



- Quais são as mudanças macroscópicas que vocês perceberam? Por que no béquer que continha água houve esse “espalhamento” do sulfato de cobre e no béquer que continha aguarrás não? Por que no béquer que continha água houve mudança de cor? O que vocês sugerem para explicar o fenômeno? Quais conceitos químicos podem explicá-lo? Qual é a equação química que representa o fenômeno ocorrido? Respondam as questões propostas, preenchendo a tabela abaixo:

Fenomenológico	Representacional	Teórico- Conceitual

Figura 20 Trecho da Segunda Versão do Guia da Dupla 3

Na continuidade da investigação do fenômeno, mantida a estrutura das questões norteadoras, foi incluída a discussão de o motivo do sulfato de cobre ter permanecido no fundo do béquer que continha aguarrás. A sistematização do conceito de solubilidade no

penúltimo parágrafo foi estabelecida com base nas fórmulas estruturais dos solventes: “Professor, agora tratando da explicação do porquê na aguarrás não houve interação do soluto com o solvente, você poderá trabalhar com os alunos sobre polaridade informando a eles que a água é polar e o sulfato de cobre é formado por ligações iônicas, o que possibilitaria mais facilmente essa interação de solvente-soluto. No caso da aguarrás, por ser um solvente orgânico e polar, essa interação não acontece”.

2º momento: a interpretação do fenômeno

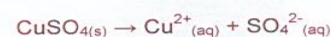
Professor, apesar de você não poder indicar aos seus alunos o objetivo dessa aula – modelo de partículas para explicar interação e solubilidade – você precisa ter noção de quais conceitos teóricos seus alunos precisam ter domínio e se orientar para interpretar o fenômeno. Propomos que, na retomada da discussão, você guie seus alunos a pensar na diferença entre os dois procedimentos – o copo com água e o outro com aguarrás – e a partir disto, como o sulfato de cobre interagiu com esses dois sistemas. Para tal, é interessante orientá-los a pensar na interação das partículas do soluto (interação soluto-soluto), nas interações de partículas do solvente (interação solvente-solvente) e na interação soluto-solvente, explicando que a energia liberada na formação das interações soluto-solvente tem de compensar energeticamente a quebra das interações soluto-soluto. Algumas questões para direcionar-se:

Qual é a principal diferença entre uma solução e outra? Há os mesmos solventes nos dois sistemas? Qual dos dois sistemas ocorreu a interação soluto-solvente? Por que houve interação soluto-solvente apenas com a água? O que causou essa interação?

Após entender o porquê houve dissolução apenas na água, é importante pensar como se deu essa dissolução. Para isso, é interessante recapitular o tipo de ligação que forma o sal e os movimentos das partículas, questionando:

Qual o tipo de ligação que forma o sulfato de cobre? Conhecendo o tipo de ligação que o forma, como a água interage com ele?

Professor, aqui é importante que se represente a solvatação dos íons para que os alunos comecem a pensar na existência de íons livres em solução. Peça aos alunos, também, para escreverem as equações que representam a dissolução iônica:



Pensando a respeito dos íons livres em solução é interessante, agora, que os alunos sejam orientados a pensar em movimentação dos íons no procedimento com a água:

Quando adicionamos o sulfato de cobre na água, logo ele foi para o fundo do béquer, mas depois se espalhou por toda parte. Qual a explicação para isso? Com relação à aguarrás, por que o sulfato de cobre permaneceu no fundo do recipiente?

Professor, agora tratando da explicação do porquê na aguarrás não houve interação do soluto com o solvente, você poderá trabalhar com os alunos sobre polaridade, informando a eles que a água é polar e o sulfato de cobre é formado por ligações iônicas, o que possibilita mais facilmente essa interação de soluto-solvente. No caso da aguarrás, por ser um solvente orgânico e apolar, essa interação não acontece. Instigue-os alunos com as seguintes perguntas:

Agora pensando no solvente aguarrás, porque não teve a mesma interação como ocorreu na água? Vocês acreditam que a questão de polaridade está envolvida nesse experimento? O sulfato de cobre por ser iônico, tem mais afinidade com solventes polares ou apolares?

Figura 21 Trecho da Segunda Versão do Guia da Dupla 3

Finalmente, ressaltamos que o preenchimento da tabela dos três níveis de conhecimento químico tem crescido, à terceira coluna, o conceito de polaridade, mas não indica as fórmulas estruturais no nível representacional (não sabemos se por desatenção ou dificuldade de identificação dos três níveis por parte das licenciandas, entretanto, pelo

modo como a segunda versão do guia foi reelaborada, parece-nos ser a primeira justificativa mais coerente). Outro destaque refere-se à constância de admitirem a cor azul da solução de sulfato de cobre penta-hidratado, ao invés de ser atribuída aos íons cobre continuar presente na segunda versão.

3º momento: retomada da tabela que traz os três níveis de conhecimento químico.

Professor, neste momento é importante retomar junto com os alunos a tabela com os três níveis do conhecimento químico, organizando as observações macroscópicas, as equações químicas e os conceitos teóricos que as explicam:

Fenomenológico	Representacional	Teórico- Conceitual
No béquer contendo água, o CuSO_4 dissolveu e no contendo aguarrás, não.	$\text{CuSO}_{4(s)} \rightarrow \text{Cu}^{2+}_{(aq)} + \text{SO}_4^{2-}_{(aq)}$	Ligação iônica; Dissociação iônica; Mobilidade iônica; Interação soluto-solvente; Solubilidade; Polaridade.

Figura 22 Trecho da Segunda Versão do Guia da Dupla 3

O processo de construção do guia explorado nesta análise ilustra um movimento de (re)elaboração sobre a articulação dos três níveis de conhecimentos químicos. A introdução das fórmulas estruturais na problematização do fenômeno configura uma nova orientação de observação do experimento. Quando os alunos se voltam para as interações soluto-solvente dirigidos por essas representações, sua atenção não está mais exclusivamente voltada ao nível macroscópico, pelo contrário, de forma articulada, promove pensar o empírico-concreto por meio de ideias teórico-conceituais.

Como explica Vigotski (1934/2014, p. 253 – nossa tradução) “o nascimento do conceito científico não se inicia com o enfrentamento direto com as coisas, mas com uma atitude mediatizada em relação ao objeto”. Assim, apoiados na abordagem histórico-cultural, podemos afirmar que a linguagem química, nessas circunstâncias, enquanto forma de registrar um fenômeno, tem em princípio a função de signo mediador do conceito e depois torna-se seu símbolo.

Ao nosso ver, essa inserção das fórmulas estruturais dos solventes no primeiro momento e sua retomada na discussão do segundo momento, é uma atitude que indica maior domínio sobre a articulação entre os três níveis de conhecimento químico e, conseqüentemente, permitiu (re)elaborações na esfera do ensino (atividade docente). Como mencionado no segundo capítulo, a linguagem química enquanto representação simbólica pode ser entendida como ponte entre o fenomenológico e o teórico conceitual (TABER, 2009, p. 100):

Apresentando uma equação que descreve uma reação (um fenômeno macroscópico que os alunos podem ver) numa forma que remeta diretamente à moléculas ou outras partículas (íons, etc) consideradas como representadas no nível microscópico a representação simbólica age como uma referência para os dois níveis e, talvez, como um meta-nível representado e mapeando a relação entre substâncias e partículas.

O entendimento das alunas sobre a articulação dos três níveis expressos pela maneira como reconstruem a interpretação do fenômeno, concorda com o que Machado e Mortimer (2007, p. 31) afirmam sobre o aspecto representacional ser resultante de uma tensão entre teoria e prática, “fornecendo ferramentas simbólicas para representar a compreensão resultante desse processo de idas e vindas entre teoria e experimento”. Nesse sentido, a representação química, enquanto um signo mediador durante os processos de significação, pode potencializar a promoção de leituras abstratas da experiência concreta.

Sobre repensar a relação da linguagem química com os outros dois níveis de conhecimento, Taber (2013, p. 165) sistematiza tal afirmação, por meio do esquema abaixo, afirmando que a aprendizagem de Química envolve re(elaborações) entre a linguagem cotidiana, vinda da experiência direta, e a representação formal do conceito nos distintos níveis:

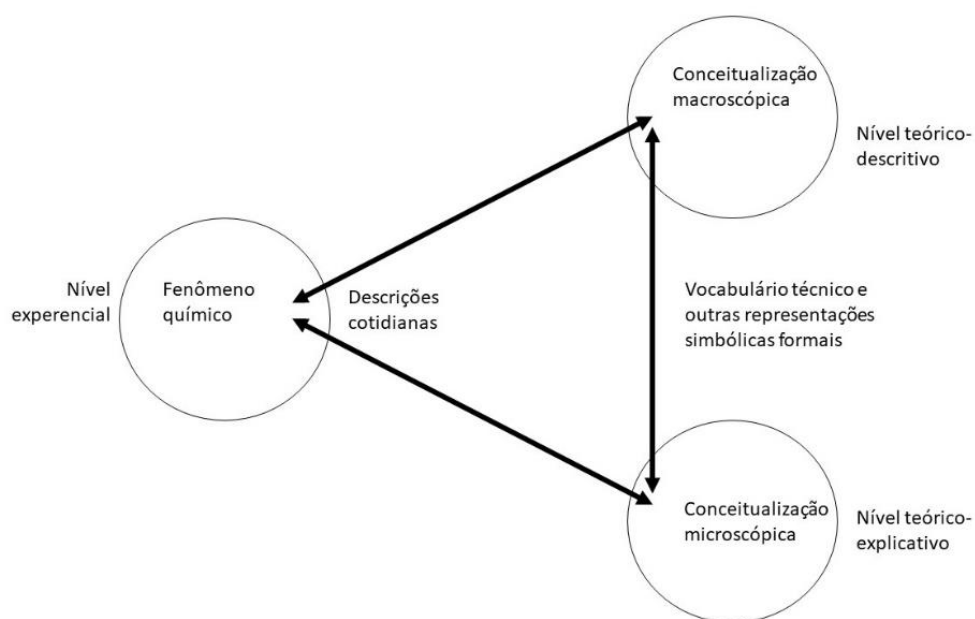


Figura 23 (Re)elaborações entre os três níveis de conhecimento químico ampliada por Taber (2009)

A partir disso e ampliando o quadro de discussão exposto por Taber, reiteramos a importância da linguagem química na aprendizagem de conceitos, o seu lugar na articulação entre as esferas macroscópica e microscópica e na relação dialética dos conceitos científicos e cotidianos. Afinal, em ambos os conceitos, a linguagem assume um

papel constitutivo e não meramente uma função comunicativa: seja nos conceitos cotidianos em que a palavra vai mediar a relação que se estabelece diretamente com o objeto; seja nos conceitos científicos em que a palavra marca a relação entre conceitos em níveis de generalidade, numa rede sistematizada de palavras já significadas.

Por fim, com a análise tecida sobre as (re)elaborações do dupla Flora e Hebe, podemos destacar que a mudança da concepção do papel da representação química na articulação dos três níveis de conhecimentos químicos, possibilitou condições de ampliação da compreensão do aluno na abordagem e interpretação do experimento. A articulação concreto-abstrato sugerida pode favorecer uma reorientação do pensamento do aluno, que sustentado pelas fórmulas estruturais das substâncias participantes, pode ter sua atenção dirigida pelos conceitos durante o estudo da atividade experimental.

Nesse sentido, é possível destacar, também, que a nova compreensão sobre a função do nível representacional como constitutivo do pensamento químico e ponte entre as esferas macroscópica e microscópica repercutiu de forma positiva na visão de prática de ensino das licenciandas. Desta forma, apoiados nas análises construídas neste capítulo, podemos concluir que as (re)elaborações sobre a articulação dos três níveis de conhecimentos químicos e experiência investigativa impactaram a visão de docência das futuras professoras e suas mediações nas ações de ensino por elas propostas.

Um último aspecto mais a ser destacado, diz respeito à importância das mediações da professora formadora nesse processo de reelaboração conceitual das três duplas focalizadas neste capítulo, essencialmente, às registradas nos diálogos analisados nas páginas 125 e 145, os quais se referem às sugestões de correções que a professora formadora e eu propusemos ao final das apresentações da primeira versão dos guias. Tais orientações por nós explicitadas demonstraram-se importantes para as reelaborações dos guias, pois o exercício de questionar as licenciandas para o conceito central de seus guias e problematizar o tratamento estritamente fenomenológico que elas davam ao experimento, possibilitou que elas deslocassem sua atenção do objeto (fenômeno) para o ato de pensamento (conceito). Assim, podemos considerar que essa atitude impactou de forma positiva o modo como a interpretação dos experimentos foi proposta na segunda versão dos guias, pois ao reorientarmos a atenção das alunas para aspectos dos níveis teórico-conceitual e representacional, estávamos também negando a concepção de ciência e experimentação empirista tão marcante nas primeiras versões dos guias.

Capítulo 6 – O que dizem os licenciandos sobre suas aprendizagens e dificuldades promovidas pela estratégia formativa

Nosso objetivo agora é analisar, a partir do que dizem os futuros professores, suas aprendizagens e dificuldades promovidas pela estratégia com eles desenvolvida, dialogando com a importância de modelos de atuação docente que podem ser oferecidos por formadores de professores.

Nesse sentido, o presente capítulo está organizado em duas seções. Na primeira, apoiando-nos exclusivamente em excertos de entrevistas, buscamos discutir as aprendizagens e dificuldades que os licenciandos explicitam sobre a estratégia formativa com eles desenvolvida.

Na segunda seção, exploramos um ângulo da estratégia formativa, investigando a importância e a função de modelos de prática docente mais adequados que podem ser oferecidos por professores formadores como alternativas significativas na superação das questões problemáticas da formação inicial evidenciadas no primeiro capítulo desta tese.

6. 1. (Re)elaborações sobre a atuação de professores em situações de ensino

A tarefa de produção dos guias experimentais investigativos, no contexto da estratégia formativa proposta, promoveu a problematização da formação inicial de professores preocupada com a superação da visão simplista de docência e positivista/empírica de experimentação e de ciência. O desafio permanente do trabalho formativo não estava apenas em disponibilizar as diferentes formas de pensamento, mas introduzir os licenciandos em um novo campo de *habitus* docente por meio da problematização epistemológica de práticas de aprender e ensinar ciências/química na escola.

O impacto e o estranhamento frente à discussão epistemológica colocada são enfatizados por Flora durante a entrevista:

- (1) *Pesquisador: Vocês acham que esse guia comprova a prática?*
- (2) *Flora: Não, e se desse errado? [referindo-se ao resultado do experimento] Quando vocês tentaram passar essa parte do experimento não comprovar a teoria ficou confuso... Sabe, o primeiro*

impacto! Pra mim a teoria confirmava com o experimento. Depois eu entendi, mas de primeira eu pensei: Nossa! Essa professora deve estar doida! [risos]

(3) *Pesquisador: Mas será que só lendo aquele texto do experimentar sem medo de errar, foi o suficiente?*

(4) *Hebe: É... a parte que ele fala do bisão clareou, mas foi só com a explicação de vocês, porque o texto ler na primeira vez é difícil.*

(5) *Flora: Não é fácil entrar na cabeça isso, eu li o texto umas duas vezes depois da explicação de vocês, não é fácil entrar na cabeça e tem que querer que entre na cabeça, porque às vezes você fala que entendeu, mas não concorda...*

[Trecho de entrevista, durante o segundo semestre]

O questionamento sobre a relação teoria *versus* experimento ocorreu logo após as indagações iniciais (referentes à caracterização das entrevistadas) e como evidenciado pelos turnos 2, 4 e 5 não foi simples para as licenciandas desconstruir concepções estabelecidas de ciência e docência.

Como explicita Cunha (2013, p. 4), a constituição de um professor não é uma atividade que termina ou começa na formação inicial, afinal, podemos pensa-la no próprio percurso de vida do sujeito, que ocorre “desde a educação familiar e cultural do professor até a sua trajetória acadêmica, mantendo-se como processo vital enquanto acontece seu ciclo profissional”.

Por isso, a mudança de práticas de ensino não é simples, pois, depende da (re)elaboração de visões sobre o que é ser professor, o que é ensinar, aprender, o que são a ciência e o conhecimento científico. Tais concepções foram construídas ao longo da experiência cultural de cada indivíduo e estavam estabelecidas e cristalizadas como a explanação de Flora (turno 2) pode exemplificar: “*Sabe, o primeiro impacto! Pra mim a teoria confirmava com o experimento. Depois eu entendi, mas de primeira eu pensei: Nossa! Essa professora deve estar doida!*”.

Em vista disso, foi por meio do desvelamento crítico do *habitus* do ensino tradicional, baseado no debate epistemológico da ciência, que buscamos ampliar possibilidades dos licenciandos (re)elaborarem a atividade docente a partir de situações hipotéticas de ensino (a produção do guia investigativo). Apoiamo-nos em Maldaner (2017, p. 11 – 12) para esclarecer tal assertiva:

Os professores construíram sua ideia de ser professor ao longo de sua vida como estudantes, criando modelos, e passam a executá-la no exercício profissional. Acontece que ser professor é mais do que isto! Outras pesquisas educacionais também demonstram que enfrentar e estudar uma

situação problemática, a partir de outros pontos de vista, como os novos conhecimentos produzidos no campo educacional do ensino, pode proporcionar novo entendimento sobre o que se julgava antes saber de forma intuitiva e, então, decidir qual é o caminho para resolver o problema.

Nesse sentido, aquilo que caracteriza a estratégia formativa no âmbito de possíveis contribuições, pode marcá-la como dificuldade a ser enfrentada, na medida em que aqueles fundamentos (articulação entre os três níveis de conhecimento, experimentação investigativa e mediação pedagógica) se contrapunham às práticas de docência com os quais os alunos estavam acostumados a aprender e ensinar.

Conseqüentemente, repensar a atividade docente exigiu dos futuros professores (re)elaborar as concepções de aluno, professor e ensino, como visto no capítulo anterior quando analisamos os processos de elaboração dos guias das duplas 1 (Ágata e Alice), 2 (Beatriz e Bárbara) e 3 (Hebe e Flora). Essa mudança de pensamento pode ser exemplificada pela caracterização de ensino-aprendizagem que Bárbara tece durante a sua entrevista:

- (1) *Pesquisador: Pensando o guia de vocês. Vocês indicaram que o professor é mais interativo no guia de vocês do que no tradicional. Bom, o papel do professor muda?*
- (2) *Bárbara: Eu não acho que a função do professor mude, eu acho que ele não exerce a função dele. A função do professor é ensinar o aluno, é isso que ele tem que fazer. Só que dependendo do método que ele usa, ele não ensina nada. O aluno não aprende, talvez ele decore, ele memorize, mas ele não aprende.*
- (3) *Pesquisador: E ensinar pressupõe o quê pra você?*
- (4) *Bárbara: Ensinar é... Apresentar os conceitos de uma forma que eles pensem, não dê tudo mastigado e pronto, eles desenvolvam, eles construam um pensamento. O professor dá dicas, entrega algumas coisas... como se o professor desse peças e ajudasse os alunos a encaixa-las. O que acontece no ensino tradicional é que o professor dá o quebra-cabeça montado e nesse guia o professor dá as peças espalhadas e ajuda a montar, ajuda o aluno a construir um pensamento.*
- (5) *Pesquisador: Vocês identificam alguma contribuição desse guia para a sua formação docente?*
- (6) *Beatriz: Sim, tanto que a gente já tenta usá-lo nas nossas aulas de estágio.*
- (7) *Bárbara: Eu acho que ensinou bastante, foi, por exemplo, quando você vai dar aula no Estado e vem o material de governo, você já de*

cara diz: “não! Eu vou ver primeiro se isso é bom”. Tenho que pensar no que é melhor para os alunos, na função do professor ensinar e não passar, sabe?

[Trecho de entrevista, durante o segundo semestre]

Antes da minha indagação as licenciandas tinham caracterizado o professor como mais interativo, pois o guia era estruturado por questões. Partindo dessa afirmação, eu pergunto se o papel do professor muda (turno 1) e Bárbara se posiciona a esse respeito estabelecendo que a função do professor é a de ensinar, atribuindo ao ensino por retenção a natureza de uma ação em que não cumpre seu papel, pois por ela, o aluno só memoriza e não aprende (turno 2). Essa fala revela uma concepção de ensino e aprendizagem que se refletiu na segunda versão do guia entregue pela dupla, em que foram ampliadas as sugestões de interações professor-aluno na interpretação da experiência. Ainda sobre a concepção de ensino, Bárbara indica como papel do professor promover o desenvolvimento do pensamento do aluno (turno 4) e essa (re)elaboração pode ser afirmada quando a futura professora distingue o verbo “passar” do verbo “ensinar” (turno 7).

Entretanto, nem todos os guias apresentados pelos licenciandos ilustraram movimentos de (re)elaboração. Ao contrário, evidenciaram o quanto aquelas concepções sobre professor, aluno, docência, experimentação e ciência historicamente marcadas e reverberadas pelo modelo formativo pautado na racionalidade técnica são resistentes e difíceis de serem ultrapassadas. Um exemplo desse fato pode ser constatado na entrevista com Augusto e Sidney sobre a ausência de perguntas em seu guia, obtendo, como justificativa, a dificuldade de (re)elaboração do ensino por falta de conhecimento definido por eles como pedagógico:

- (1) *Sidney: tudo que é novo gera resistência, desconforto.... Falta conhecimento pedagógico pra entrar nisso aí [referindo-se ao guia]. Como professor, o guia agrega muito porque dá uma outra visão de como preparar sua aula, de como pensar em algo...*
- (2) *Augusto: Mas conhecimento é a base de tudo, se não tiver não flui. Sem conhecimento você não faz os questionamentos. Conhecimento dá uma base pra conseguir conversar.*

[Trecho de entrevista, durante o segundo semestre]

Por não se tratarem apenas de metodologias didáticas de ensino, nem só de fragmentos dos campos da psicologia, sociologia, filosofia, entre outros, os conhecimentos que nós professores utilizamos nas ações de ensino são complexos na medida em que vão em direção à múltiplas dimensões defendidas por Shulman (1986). Queremos dizer com

isso, que toda aquela pluralidade de exigências elencadas por Cunha (2010) requer, compõem o pensamento do professor em um novo nível teórico como atividade pedagógica.

Ao longo do desenvolvimento da estratégia formativa, desafios e dificuldades enfrentados, conforme assinalam os próprios futuros professores, surgiram em dois aspectos: na esfera de conhecimentos pedagógicos e de conhecimentos químicos desarticulados, conforme enfatizados pelo modelo da racionalidade técnica, ainda hegemônica na formação inicial de professores.

Por isso, defendemos que a apropriação de *conhecimentos pedagógicos* e de *conhecimentos específicos de conteúdo* são essenciais frente às reelaborações necessárias que o ensino de conceitos científicos em contexto escolar pressupõe. Afinal, a união desses conhecimentos revela uma construção de sentidos que ambos os campos de conhecimentos - da química e da educação química - passam a ter na atividade docente. Ambos conhecimentos destacados por Shulman (1986), mostram-se com igual importância, pois, como vimos nas análises do capítulo precedente, a problematização e a interpretação nos guias experimentais são impossíveis sem o domínio do conhecimento específico da química e do conhecimento pedagógico, necessários às mediações adequadas por parte do professor.

Outro aspecto a salientar é o fato de que as (re)elaborações sobre docência provocaram reflexões sobre os modos pelos quais os futuros professores estavam sendo formados. Essa conscientização a respeito de problemas e limitações de um ensino cunhado na transmissão-recepção, com críticas ao próprio modelo formativo a que estavam sujeitos, foi expressa pelos licenciandos durante as entrevistas.

Júlio e Leonardo, por exemplo, quando por mim indagados sobre suas dificuldades na construção do guia, destacam que a complicação estava naquilo que o distinguiu dos roteiros tradicionais de experimentação:

- (1) *Como foi fazer o roteiro?*
- (2) *Júlio: na verdade nosso roteiro foi assim. A gente imaginava falar em escala de pH... Mas enfim, foi mudando. Eu peguei o exemplo que vocês deram e tentei seguir a linha, porque é totalmente diferente da faculdade. Aqui [fazendo referência às aulas de laboratório do curso] a gente pega pronto: faça isso!*
- (3) *Leonardo: Calcule não sei o quê!*
- (4) *Júlio: É, e depois faz cálculo, o nosso nem é tanto química, é cálculo mesmo. Parece que os professores estão mais preocupados com o cálculo: quantos gramas tem ali? Ou seja, a análise do resultado, do que seja a ideia da química nada. Por exemplo, não me recordo de*

ter aprendido o que é em si uma titulação, que transformação química está acontecendo, porque muda de cor... Acho que o guia visa mais esse lado, porque o daqui já vem tudo escrito o que vai acontecer e é mais quantitativo.

(5) *Pesquisador: Qual guia você acha que ajuda mais no aprendizado?*

(6) *Júlio: O guia da professora [professora formadora] com certeza.*

(7) *Leonardo: Sim, porque você começa a relacionar. Antes eu tinha muita dificuldade de relacionar os conteúdos da química. Fica mais fácil de você interagir com o aluno e explicar.*

[Trecho de entrevista, durante o segundo semestre]

Como as falas elucidam, os futuros professores mostram ter consciência sobre as limitações dos guias experimentais tradicionais, pois, centrados em procedimentos e cálculos, deixam secundarizadas questões conceituais (turnos 2, 3 e 4). Esse movimento é relevante, pois pode nos dar indícios de (re)elaborações sobre processos de ensino-aprendizagem propiciados por práticas investigativas, por exemplo, quando Leonardo comenta as possibilidades de maior dialogia em sala (turno 7) para facilitar a aprendizagem. Após o turno 7, Júlio recorre a outras experiências do curso para exemplificar o traço característico quantitativo das atividades de laboratório no seu curso de formação.

Em semelhança a Júlio e Leonardo, os demais licenciandos ressaltam as contradições que se apresentavam naquele próprio curso de formação, assim como Roni indica durante a entrevista:

Roni: Eu acho um retrocesso [em referência ao modelo comprovativo de experimentação que diz ser predominante nas disciplinas do curso], porque a gente não é instigado a pensar, sabe? A relacionar as ideias, a ligar as informações... Como você tem tudo dado no roteiro, é tudo muito automático, não tem aprendizado.

[Trecho de entrevista, durante o segundo semestre]

Nesse contexto, acreditamos que umas das contribuições para a formação dos licenciandos foi a tomada de consciência, em maior ou menor grau, das limitações do ensino por transmissão-recepção, o que evidenciou a abertura para novos modelos de prática docente em química.

A maneira como as licenciandas (Alice e Ágata, Bárbara e Beatriz, Flora e Hebe) foram reelaborando os guias em função das correções que a professora e eu sugeríamos e do estudo do próprio conteúdo químico, como analisado no capítulo anterior, indica que as atividades propostas favoreceram aprendizagens sobre como ensinar conhecimentos

químicos escolares. Assim, a medida que os licenciandos iam repensando o seu papel como educadores, iam, também, reestruturando a interpretação do fenômeno químico em seus guias experimentais. Esse movimento pode ser exemplificado pelas vozes de Ágata e Alice:

- (1) *Pesquisador: Construir o guia contribuiu em alguma coisa na formação de vocês?*
- (2) *Alice: sim, às vezes você acha que sabe uma coisa, mas não sabe. Quando a gente começou a fazer o guia ou a gente falava muita coisa e já dava a resposta ou não fala nada e esperava que a resposta viesse do nada. O guia ajuda a gente a perceber que a gente precisa de mais base. Não basta saber muito de Química se não tiver base pedagógica, se não souber como ensinar. Quando você está dando aula e o aluno não entende você precisa explicar de outro jeito para o aluno. Tem que conhecer o aluno, saber o que ele pensa. É difícil você lidar com pessoas, cada um entende de um jeito, esse conhecimento pedagógico ajudou nisso.*
- (3) *Ágata: Isso entra na parte de conhecimentos epistemológicos, eu fiz um projeto sobre isso. Fazer o experimento mudou o jeito de ver a aula de Química, de pensar junto com o aluno... Ai esqueci o que eu ia falar.... O jeito que a professora [professora formadora] ensina é diferente, ela ensina o caminho que a gente tem que passar pra entender as coisas. Aquela aula dela [aula modelo da segunda etapa] ajudou muito.*
- (4) *Alice: Eu concordo com Ágata quando ela fala que esse guia é um caminho pra percorrer antes de preparar algum tópico. Você já vai pensando nas possíveis dificuldades que o aluno vai ter: ah, eu não posso ensinar isso, se o aluno não souber esse conteúdo. O guia ajuda na construção do conhecimento. Não pode pegar coisas e ir jogando, tem que partir do que o aluno sabe e construindo pra que ele chegue num conceito mais complexo.*
- (5) *Ágata: Tem que mostrar que as coisas têm uma conexão, uma coisa liga na outra.*
- (6) *[fim da entrevista]*

[Trecho de entrevista, etapa 6 durante o segundo semestre]

Quando indago Ágata e Alice sobre quais seriam as contribuições que o processo de produção do guia experimental investigativo trouxe para a formação delas, as licenciandas marcam: as (re)elaborações realizadas e destacam o modo de ensinar da professora formadora. Assim, as considerações tecidas pelas futuras professoras revelam, primeiro, (re)elaborações sobre docência (turnos 2 e 4) e sobre a estrutura conceitual dos conceitos científicos que envolve níveis de generalização e abstração (turno 4 e 5). E, em

segundo, a influência positiva da aula modelo ministrada pela professora formadora no processo de construção do guia experimental investigativo.

Sobre o segundo aspecto – oferecimento de um modelo de atuação docente pela professora formadora -, as falas dos futuros professores vão destacando que limites e possibilidades do trabalho formativo vão além dele mesmo, do seu lugar no curso e de quem são seus participantes. Isto ocorre, vez que existe um modelo de ensino-aprendizagem fortemente assentado nas práticas de formação de professores e nas aulas em nível médio de ciências, tal como os licenciandos comentaram durante as entrevistas:

- (1) *Pesquisador: Foi difícil esse exercício [de construção do guia]?*
- (2) *Beatriz: Olha, como tudo que é novo é difícil... Pra começo: todas as nossas aulas de laboratório são tradicionais, tem o roteiro, os procedimentos e alguns, às vezes, já vem com a resposta.*
- (3) *Bárbara: Eu não diria só isso, acho que até a maioria quando dão os experimentos já vem com as respostas, num modelo de receita de bolo e o relatório a gente tem que se virar pra fazer. Até acho um pouco investigativo porque você tem que investigar o que aconteceu.... Mas acho que em praticamente nenhuma dessas aulas práticas a gente entrou na sala de aula pra discutir o experimento. Então, fica um relatório jogado, eles nem entregam, então você tem uma parte de investigação pra fazer o relatório, mas que investigação a gente vai fazer se o professor não orienta? Acho que podia, pelo menos, discutir de forma geral, mas isso nunca aconteceu.*
- (4) *Beatriz: Na aula de regência nos estágios supervisionados, a gente tem um parâmetro que a gente deve seguir, só que em relação as outras aulas, quando a gente tem que colocar em prática... Por exemplo, os professores devem ser o espelho, mas não é isso que acontece, a gente tem vários artigos, várias discussões do que se deve fazer e, em contrapartida, o que a gente não deve fazer com os próprios professores do curso[referindo-se às práticas dos professores formadores baseadas no modelo tradicional]... mas isso está aí, a gente vê e tem que passar por esse processo.*

[Trecho de entrevista, durante o segundo semestre]

As ponderações que Bárbara e Beatriz fazem, conforme mostrado no excerto acima, são em resposta a minha pergunta sobre quais foram as maiores dificuldades de elaboração dos guias. Como é possível depreender pela leitura, as futuras professoras elencam a falta de modelos de atuação docente (turnos 2 e 4) e a manutenção de práticas de ensino baseadas na transmissão-recepção (pois mesmo quando Bárbara indica a existência de atividades investigativas, no turno 3, reclama que a investigação é uma tarefa para o aluno fazer

sozinho) como dificuldade na construção do guia. Essas sinalizações são exemplos de dificuldade manifestadas pela totalidade dos licenciandos por nós entrevistada.

Misukami (2004), apoiada em estudos de Shulman (1986), defende que o ato de ensinar é uma atividade que envolve compreensões sobre ensinar e aprender que extrapolam o conhecimento específico de conteúdo. Em nosso entendimento, na formação inicial de professores de química, tal amplitude pode (e deve) ser problematizada por meio do estudo epistemológico sobre experimentação, ciência e docência com apoio naquelas três contribuições de pesquisas que, articuladas, fundamentaram a estratégia formativa com oferecimento de modelos de atuação docente que as concretizem como perspectivas alternativas ao modelo de ensino tradicional. Como os próprios licenciandos consideraram, uma das contribuições para a sua formação foi promovida, por exemplo, pela aula modelo em que a professora formadora abordou o tratamento pedagógico de uma experiência investigativa. Para ampliarmos tal discussão, passamos à seção seguinte, para analisar a referida aula.

6.2. A importância de modelos de atuação docente

Na segunda etapa da estratégia formativa, a professora exemplificou uma experiência investigativa para evidenciar a importância das mediações pedagógicas na interpretação de um fenômeno químico, discutindo a precipitação do PbI_2 (iodeto de chumbo) a partir da interação química de $KI_{(s)}$ (iodeto de potássio) e $Pb(NO_3)_{2(s)}$ (nitrato de chumbo)¹⁴.

Nessa aula foi solicitado aos alunos que se dividissem em duplas e a professora expôs o objetivo da atividade:

Professora: Hoje nós vamos exercer nossos respectivos papéis, vocês como alunos e nós [aqui a professora formadora faz referência a minha presença] de professores. Mas eu quero que vocês prestem atenção em como nós vamos nos portar e em que nós vamos fazer pra que futuramente vocês façam isso com seus alunos.

[trecho da aula 5, durante o primeiro semestre]

¹⁴ A análise de outra aplicação desta mesma aula, realizada por mim e por mais duas pesquisadoras, está disponível no artigo: SCHNETZLER, R. P. SILVA, L. H. A.; ANTUNES-SOUZA, T. Mediações pedagógicas na interpretação de experimentações investigativas: uma estratégia didática para a formação docente em química. *Inter-Ação*, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 585-604, set./dez. 2016.

Essa primeira fala da professora formadora revela sua intencionalidade de ensinar como ensinar. Ao colocar-se como modelo de atuação, mais do que ensinar os conteúdos específicos, a professora está oferecendo modelos de atuação docente. Em outras palavras, sua fala inicial expressa a intenção de promover a aprendizagem de conhecimentos de conteúdo e pedagógicos de conteúdo.

Nesse sentido, Silva (2004) ao investigar sobre modos de mediação de um professor formador de professores de biologia, explicita que instruções de como atuar em processos de elaboração conceitual podem ser analisadas em termos da imitação. A autora argumenta que Vigotski analisa a colaboração do professor no âmbito da sua imitação pelo aluno. Todavia, como Silva (2004, p.53) mesmo advoga:

Sobre a questão da imitação, opondo-se à idéia de que ela é uma atividade puramente mecânica, Vygotsky (1993) considera que o indivíduo só pode imitar o que se encontra na zona de suas próprias potencialidades intelectuais. Argumenta que com a colaboração do outro o indivíduo sempre pode fazer mais do que faria sozinho.

Nesta perspectiva vigotskiana acerca da aprendizagem e do desenvolvimento, a tarefa do ensino é transmitir ao sujeito aquilo que ele não consegue aprender sozinho (MARTINS, RABATINNI, 2011). Isso significa dizer que a função da instrução está centrada na ampliação dos conceitos já consolidados e estabelecidos aprendidos nas relações sociais com o outro. Como referido no capítulo 3, ao estabelecer relações a respeito da instrução e do desenvolvimento, Vigotski traz como situação exemplar o conceito de zona de desenvolvimento iminente, destacando que o papel mediador do professor não é o de se limitar a aferir o quanto seu aluno é capaz de realizar sozinho, mas o de orientá-lo no desenvolvimento de relações interfuncionais mais complexas que estão em maturação (VIGOTSKI, 1934/2014).

Deste modo, quando Vigotski (1934/2014, p. 241 – nossa tradução) investiga a relação entre instrução e aprendizagem, destaca que “a imitação, se a interpretarmos em sentido amplo, é a principal forma que se leva a cabo a influência da instrução sobre o desenvolvimento”. Isto se deve ao fato do autor considerar uma ideia errônea a concepção de imitação como uma atividade puramente mecânica: “para imitar é necessário ter alguma possibilidade de passar do que sei para o que não sei” (VIGOTSKI, 1934/2014, p. 239 – nossa tradução). A imitação está, portanto, num patamar de processo de reconstrução daquilo que vemos no outro, tal como Maldaner (2000, p. 390), à luz das contribuições de Vigotski, defende: “Ela [a imitação] acontece num processo interpessoal, criando-se zonas

de desenvolvimento, como em todo o ensino que defendemos. O professor em formação internaliza o processo e o reconstitui para si, constituindo-se professor”.

Nesses termos, assumimos a ação da professora formadora como possibilidade de promoção de desenvolvimento da atividade cognitiva, mediante a imitação, tal como Silva (2004, p. 89) pondera: “a atividade compartilhada entre professor e aluno pode possibilitar a este, condições para elaborar de modo próprio suas ações futuras e, ainda, que por meio da formulação de perguntas e respostas, da imitação e de instruções de como agir, o aluno pode desenvolver um repertório completo de habilidades”.

Entendemos que tal repertório situa-se em duas esferas: na aprendizagem dos licenciandos da estrutura conceitual química que é abordada pela professora formadora; e, na aprendizagem de como mediar elaborações conceituais necessárias à interpretação do fenômeno químico sob investigação. Orientações como esta são significativas, pois:

A aprendizagem ocorre não apenas pelo conteúdo dito e explicitado pelo professor [formador]. O conteúdo é aprendido também pelo exemplo, e a atuação do docente em sala de aula faz, na grande maioria das salas de aula dos cursos de formação, o aluno aprender, de forma implícita ou pouco refletida, formas de atuar em sala de aula (GALIAZZI, 2014, p. 174).

Após sua fala inicial, a professora demonstra a experiência, desenhando uma placa de Petri, e nela dizendo que adicionou água e, nas suas extremidades, uma pequena quantidade dos sais $KI_{(s)}$ (iodeto de potássio) e $Pb(NO_3)_{2(s)}$ (nitrato de chumbo). Informou que, após alguns instantes, constatou-se o aparecimento de um sólido amarelo no meio da placa, o que não ocorreu com o mesmo procedimento representado em um sistema fechado (frasco com tampa), sem adição de água. Ao lado dessas representações, a professora escreveu uma tabela com três colunas, as quais foram nomeadas pelos três níveis de conhecimentos químico (fenomenológico, representacional e teórico-conceitual). Sem mencionar que o precipitado amarelo era $PbI_{2(s)}$ (iodeto de chumbo), a professora solicitou aos alunos que explicassem o fenômeno, indicando quais representações químicas eram possíveis e, principalmente, quais ideias teórico-conceituais eram necessárias para explicar o fenômeno representado. Para tal, dez minutos foram dados à discussão entre os alunos. Em seguida, a professora retoma o diálogo com a classe:

(1)Professora: A primeira questão é o que se forma na placa de Petri?

(2)Sidney: Iodeto de chumbo.

(3)Professora: Por que você acha que é iodeto de chumbo?

(4)Sidney: Eu acho que é uma reação de dupla-troca.

(5)Professora: E como é que você poderia ter segurança pra dizer que o precipitado é iodeto de chumbo?

- (6)Sidney: *Eu iria pela equação.*
- (7)Professora: *Mas então se forma mesmo nitrato de potássio?*
- (8)Sidney: *Olha, essa é uma pergunta boa!*
- (9)[risos]
- (10)Professora: *Bárbara, como é que eu posso ter certeza que se formou iodeto de chumbo?*
- (11)[Bárbara acena com a cabeça que não sabe]
- (12)Sidney: *Eu acho que pela solubilidade.*
- (13)Professora: *Mas quem é solúvel?*
- (14)[silêncio]
- (15)Professora: *Como eu explicaria que o precipitado amarelo é o iodeto de chumbo?*
- (16)Júlio: *Eu iria procurar na teoria qual é a cor do iodeto de chumbo.*
- (17)Professora: *Qual teoria Júlio?*
- (18)Júlio: *Porque é assim, eu também acho que é iodeto de chumbo, aí eu poderia procurar pra saber se o iodeto de chumbo é amarelo mesmo.*
- (19)Professora: *Meninas, salvem-me! Como eu posso ter certeza que o precipitado é iodeto de chumbo?*
- (20)Alice: *Eu posso fazer um teste em laboratório?*
- (21)Sidney: *E se olhar a tabela de reatividade? Porque eu acho que o iodo e chumbo conseguem ter maior reação do que o nitrato.*
- (22)[a professora faz sinal negativo com a cabeça]
- (23)Professora: *Miguel, como eu posso saber que o precipitado é iodeto de chumbo?*
- (24)Miguel: *Primeiro eu sei que o chumbo não é solúvel como o nitrato, todos os nitratos são solúveis.*
- (25)Professora: *Mas como é que você sabe que a maioria dos sais de chumbo não são solúveis em água?*
- (26)[silêncio]
- (27)Professora: *Gente... vocês vão dar aula! Já são professores!*
- (28)[silêncio]
- (29)Professora: *Vocês têm uma tabela e se não tem deveriam ter, a tabela de solubilidade de bases e sais.*
- (30)[a professora lê as informações da tabela até encontrar a indicação da insolubilidade do iodeto de chumbo]
- (31)Então como é que eu posso ter certeza de que uma coisa é insolúvel? Consultando a tabela de solubilidade! Certo? Primeiro eu penso: qual reação ocorreu? Se o nitrato de potássio é solúvel, só vai formar o iodeto de potássio, alguma coisa que seja insolúvel. Então eu estou pensando sobre possíveis produtos da reação e usando o conceito de solubilidade. Olha, a primeira coisa... Miguel, me ajuda por favor, escreve lá na lousa [indicando para Miguel ajudá-la a preencher a tabela dos três níveis de conhecimentos químicos]. Solubilidade é conhecimento que eu posso classificar no nível fenomenológico?
- (32)Sidney: *Sim!*
- (33)Professora: *Por quê?*
- (34)Sidney: *Porque eu consigo ver.*
- (35)Professora: *O que você consegue ver é uma coisa chamada pre-ci-pi-ta-ção, certo? Eu não vejo a solubilidade, eu vejo um precipitado, eu vejo uma coisa solúvel na outra, por exemplo sal ou açúcar na água. Mas o conceito de solubilidade está em que nível?*
- (36)Bárbara: *Teórico-conceitual.*
- (37)Professora: *Isso. [faz indicação para Miguel escrever na coluna correspondente]*
- (38)Professora: *Bom, eu vejo o precipitado, né?*
- (39)Vários alunos: *Sim.*
- (40)Professora: *Então, Miguel, coloca isso lá no fenomenológico.*

Os primeiros questionamentos da professora direcionam a atenção dos licenciandos para pensar qual seria a constituição do produto da reação, por isso nos turnos 1, 3, 5, 7, 10 e 15 ela os indaga como seria possível ter certeza de que o precipitado amarelo era iodeto de chumbo (PbI_2). Nesse movimento de interpretação, a professora instiga os alunos a explicarem, em termos teórico-conceituais, porque seria impossível a produção de um precipitado de nitrato de potássio (KNO_3) (turno 7). Para tanto, retoma o conceito de solubilidade (turnos 25, 29), a partir da indicação de Miguel no turno 24. Por fim no turno

31, a professora afirma por meio do conceito de solubilidade que o produto da reação é o iodeto de chumbo (PbI_2) e começa a preencher a tabela dos três níveis de conhecimento químico, auxiliando os licenciados a identificá-los (turnos 33, 35, 37, 38 e 40). Após tal identificação, na continuidade da aula, a professora direciona a interpretação para o como ocorreu a precipitação:

- (41) *Ok, mas pra você formar o iodeto de chumbo lá na placa de Petri, o que precisou acontecer?*
- (42) *Miguel: Meio aquoso?*
- (43) *Augusto: Reação?*
- (44) *Professora: Reação de quê?*
- (45) *Júlio: Não, primeiro teve a solubilização e ali no meio fica amarelo, porque ali os reagentes se encontram.*
- (46) *Professora: Quem são os reagentes?*
- (47) *Júlio: O iodeto de potássio e o nitrato de chumbo.*
- (48) *Professora: Os reagentes são esses: iodeto de potássio e o nitrato de chumbo?*
- (49) *Júlio: Não é?*
- (50) *Professora: Nitrato de chumbo e iodeto de potássio formam o iodeto de chumbo?*
- (51) *Júlio: É. Não é?*
- (52) *Professora: Vou mudar a pergunta: quais são as espécies envolvidas na formação do precipitado de iodeto de chumbo?*
- (53) *Júlio: Ah tá! Então é o iodeto mais o chumbo, é isso?*
- (54) *Professora: Íons iodeto e íons chumbo!*
- (55) *Júlio: Ah, é!*
- (56) *Professora: Mas de onde vem os íons iodeto e chumbo?*
- (57) *Flora: Do iodeto de potássio e do nitrato de chumbo!*
- (58) *Professora: Então vamos lá Flora, o que acontece quando eu joga iodeto de potássio sólido na água?*
- (59) *Flora: Ele se dissocia.*
- (60) *Professora: E o que isso significa?*
- (61) *Flora: Ele vira íon.*
- (62) *Professora: Ele vira íon?*
- (63) *[Júlio, Flora e mais alguns alunos riem]*
- (64) *Júlio: Ele já era um íon!*
- (65) *Professora: Por que ele já era íon?*
- (66) *Júlio: Porque ele já estava na forma iônica, só que não tinha água, ele estava na forma de sal. Por causa da carga, não é?*
- (67) *Professora: Vocês lembram o que é ligação iônica? Então, você tem um tremendo metal alcalino que é o potássio e um tremendo halogênio que é o iodo, e que tem tendência a receber elétrons e o potássio tem tendência a ceder elétrons. Iodeto de potássio é um sal, portanto, formado por ligações iônicas. Você já tem íons e eles estão na forma, professores, de sal, de cristal iônico. E qual é o papel da água?*
- (68) *Júlio: Dissociar eles.*
- (69) *Professora: E se romper esse cristal, o que vocês terão? O que acontece?*
- (70) *[Silêncio]*
- (71) *Professora: Eu posso pensar uma coisa assim [desenha a interação entre o iodeto e a molécula polar de água e explica a atração entre as cargas]. Como se chama esse íon?*
- (72) *[Silêncio]*
- (73) *Professora: É um íon solvatado! As moléculas de água ficam em torno dos íons. É um processo de solvatação, as moléculas de água ficam em torno dos íons. Miguel, qual o conceito que estamos usando?*
- (74) *Miguel: Solvatação.*
- (75) *Professora: Então, o primeiro conceito foi de dissociação iônica que é o papel da água rompendo os cristais iônicos. Pode escrever lá dissociação iônica antes da solvatação. E como é que vai ser a solvatação do íon iodeto? Ágata, como vai ser?*
- (76) *Ágata: Ao contrário.*
- (77) *Professora: Então vem, aqui, à lousa e desenha!*
- (78) *[a aluna faz a representação]*
- (79) *Professora: Muito bem! Agora, Miguel, vamos começar a escrever a equação que representa a dissociação iônica dos sais.*
- (80) *[Miguel indica a dissociação iônica].*

Para explicar como se deu a formação do precipitado, a professora introduz os conceitos de dissociação iônica (turno 70) e solvatação (turno 72). Para tal, primeiro, os alunos são orientados a identificar quem são as espécies químicas que realmente participam da reação (turnos 45 e 51) por meio do conceito de ligação iônica (turno 66) e corrigindo confusões conceituais (turno 61 e 64). Segundo, apoiada na representação simbólica (turnos 70 e 76) a professora sistematiza os conceitos (turnos 74 e 78). Enquanto Miguel escreve a equação de dissociação dos íons (turno 80), o diálogo continua:

- (81)Professora: Enquanto ele escreve [referindo-se ao Miguel], Júlio, por que não acontece nada no outro sistema?
- (82)Júlio: Porque não tem água, sem a água não dissocia os cristais iônicos e daí não reage.
- (83)[Professora para um pouco para ajudar Miguel a escrever as equações]
- (84)Professora: E a equação que representa a reação de precipitação?
- (85)Miguel: É a geral né?
- (86)[Miguel começa escrevendo, inclusive, as espécies que não participaram da formação do iodeto de chumbo]
- (87)Professora: Miguel, qual foi o precipitado formado?
- (88)Miguel: Iodeto de Chumbo.
- (89)Professora: Então...
- (90)Júlio: Então eu só represento os íons?
- (91)Professora: Júlio, vou responder sua pergunta com outra questão: você acha que nesse sistema se forma nitrato de potássio?
- (92)Júlio: Não.
- (93)Professora: Por quê?
- (94)Júlio: Porque os íons ficam solvatados... Ah então são só os íons iodeto e chumbo, né?
- (95)Professora: Isso! Então, o que acontece? Os íons potássio e os íons nitrato permanecem no sistema, eles não reagem. Agora, o que foi fundamental para que isso ocorresse?
- (96)Miguel: Meio aquoso.
- (97)Professora: Só o meio aquoso?
- (98)Miguel: E a formação do precipitado?
- (99)Professora: Mas o que precisou acontecer pra formar o precipitado? Fala, Flora!
- (100)Flora: Dissociação?
- (101)Professora: Dissociação, num significado usual é separar, pessoal. Agora só isso é suficiente? Separar o potássio de iodeto e o chumbo de nitrato é suficiente?
- (102)[silêncio]
- (103)Professora: Pensem! Eu coloquei os sais em cada ponta, eles separaram e aí?
- (104)Júlio: Aí precisa do contato entre os íons chumbo e iodeto.
- (105)Professora: Quer dizer, os íons estavam soltos lá nos extremos e daí?
- (106)Júlio: Daí que quando eles se dissociam, eles começam a se espalhar pela água até se encontrarem no meio.
- (107)Professora: Sidney, venha me dar um abraço!
- (108)[Sidney sai do fundo da sala e vai abraçá-la]
- (109)Professora: O que precisou acontecer para ele vir até aqui?
- (110)Hebe: Andar?
- (111)Professora: Mobilidade. A reação ocorre devido à mobilidade iônica. Miguel, mais uma coisa pra escrever no teórico conceitual: mobilidade iônica.
- (112)[A professora organiza o quadro final]

Após os alunos entenderem como os íons ficaram livres em solução, a professora introduz o conceito de mobilidade iônica (turno 110), destacando o papel da água como meio de interação (turno 80) e o fato dos íons estarem livres em solução (94, 98, 100 e 104). Finalmente, é preenchida a tabela dos três níveis de conhecimento química:

<i>Fenomenológico</i>	<i>Representacional</i>	<i>Teórico-conceitual</i>
<i>Sistema 1: formação de precipitado amarelo; Sistema 2: nada ocorre.</i>	$KI_{(s)} \rightarrow K^+_{(aq)} + I^-_{(aq)}$ $Pb(NO_3)_{2(s)} \rightarrow Pb^{2+}_{(aq)} + 2NO_3^-_{(aq)}$ $Pb^{2+}_{(aq)} + 2I^-_{(aq)} \rightarrow PbI_{2(s)}$	<i>Solubilidade; Ligação iônica; Dissociação Iônica; Solvatação; Mobilidade Iônica.</i>

Em seguida a professora questiona os alunos:

- (113) *Professora: Agora eu gostaria de escutar o que vocês aprenderam nesse processo? O que vocês acham desse tipo de experimento?*
- (114) *Júlio: É bem mais efetivo, diferente de você falar pra só descrever o que acontece.*
- (115) *Miguel: Acho que a participação do aluno é diferente.*
- (116) *Professora: Diferente como?*
- (117) *Hebe: Fomos nós que precisamos dar as respostas...*
- (118) *Bárbara: É, ao invés de dizer se deu certo ou errado, você foi provocando a gente a pensar.*
- (119) *Professora: A coisa mais importante não é fazer a experiência em si, mas interpretá-la, discuti-la e ter a sistematização dos conhecimentos químicos envolvidos. Você tem que, forçosamente, articular o fenomenológico, o representacional e o teórico-conceitual.*
- (120) *Pesquisador: quando vocês foram analisar o fenômeno, o que foi orientando a ideia de vocês? Por exemplo, quando a professora começa com a ideia de dissociação, ela não pede pra vocês olharem de novo para o experimento, ela traz uma ideia química: a ligação iônica. O pensamento de vocês vai sendo orientado por ideias, por conceitos. Entendem a diferença? A professora poderia ter dito que o experimento era sobre mobilidade iônica e demonstrado isso com o precipitado amarelo, mas não, vocês chegaram à ideia de mobilidade pensando a experiência. Percebem? Esse salto do macro para o micro vocês conseguiram dar por meio da orientação da professora.*

Ao serem indagados, os alunos vão nos dando indícios de identificação e caracterização das distinções entre o modelo tradicional de experimentação ao qual estavam acostumados e o modelo investigativo no que tange ao papel do aluno (turnos 114, 115 e 116) e o papel do professor (117).

Em linhas gerais, a leitura do episódio revela como a professora formadora vai dirigindo o pensamento dos alunos por meio de questões para o anunciado naquela fala inicial: como estabelecer mediações pedagógicas na interpretação de experimentações investigativas visando a construção de conceitos químicos. No caso particular, o de mobilidade iônica.

Durante a interpretação do fenômeno, a professora vai estabelecendo um jogo dialógico de confrontação permanente de vozes historicamente definidas – ela e seus alunos (FONTANA, 1996). Fontana e Cruz (1997, p. 111) ao analisarem as relações escolares e caracterizarem essa relação social específica, consideram-na complexa ao passo que o aluno “é colocado diante da tarefa de compreender as bases dos conceitos sistematizados ou científicos; o professor é encarregado de orientá-lo”.

Os turnos em que a professora introduz os conceitos de solubilidade (32), ligação iônica (47), solvatação (73) e dissociação (75) evidenciam mediações pedagógicas em direção à elaboração de conceitos científicos. Essa consideração fundamenta-se na indicação de Vigotski (1934/2014, p. 259 – nossa tradução) ao afirmar que “no desenvolvimento dos conceitos científicos, que não se referem ao seu objeto diretamente, mas sim de forma mediada, através de outros conceitos formados anteriormente”.

Deste modo, a ação da professora reside no fato de que “os conceitos não são analisados como categorias intrínsecas da mente, nem como reflexo da experiência individual, mas sim, como produtos históricos e significantes da atividade mental mobilizada a serviço da comunicação, do conhecimento e da resolução de problemas” (FONTANA, 1996, p. 14).

Em seus questionamentos nos turnos 1, 8, 16, 32, 35, 36, 46, 52, 56, 58, 62, 71, 87, 95 e 101 a professora ressignifica, explicita e sistematiza conceitos químicos por meio da orientação deliberada que tais indagações promovem. Como conceitua Fontana (1996, p. 71), a mediação de conceitos na sala de aula está “na dinâmica da interação, como forma de viabilizar o espaço do outro, o dizer do outro e a possibilidade de, nesse processo, entretecer os dizeres em circulação, questioná-los, redimensioná-los e sistematizá-los”. Deste ponto de vista, destacamos os turnos 8, 54 e 62 nos quais a professora questiona, respectivamente, a visão simplista do aluno de pensar a transformação química como uma mera dupla troca, corrige a linguagem e o próprio significado de ligação iônica.

Nesse sentido, a participação do Outro em processos de elaboração conceitual “muitas vezes implica movimentos opostos e tensos entre os sujeitos, em termos tanto das orientações aos objetos quanto das operações de conhecimento” (GÓES, 2001, p. 80). Portanto, podemos considerar que a apropriação e produção de significados se constrói face à polêmica, numa dinâmica comunicativa em que os alunos vão tomando a palavra da professora e os significados vão evoluindo nesta interlocução.

Conforme o conhecimento vai sendo mediado no âmbito destas interações, não podemos conceber a linguagem como uma atividade de mão única. A linguagem pode ser, também, fonte de equívocos ou mal-entendidos, afinal nem sempre as intenções da fala do professor são compreendidas pelos alunos (MACHADO, 2000; MORTIMER e MACHADO, 2007). Por isso, precisamos abrir espaço para que os sentidos das palavras sejam confrontados e reelaborados com base numa intensa negociação de significados em sala de aula e a palavra, nesta esfera, tem um papel diferenciado, como define Luria (1978,

p. 17): “Na estrutura de cada palavra é fácil observar as duas funções básicas da palavra, ou seja, discriminar o traço essencial do objeto e relacionar este objeto a certa categoria ou, noutros termos, observar a função de generalização e abstração”.

Ainda sobre o papel da linguagem, no que refere ao uso da simbologia própria da química, a partir do turno 68, ao ir significando a representação da dissociação iônica, a professora possibilita a sistematização do conceito por meio da linguagem química. Finalmente, ao organizar as ideias químicas envolvidas na experimentação nos três níveis do conhecimento químico (turno 112), a professora marca a função dessa articulação na interpretação do experimento, opondo-se à concepção de que a experimentação comprova a teoria e, por meio do diálogo que se segue a partir do turno 113, explicita o que significa interpretar um experimento.

Das análises até aqui feitas, podemos depreender que as mediações pedagógicas da professora se centraram nos seguintes aspectos: i) oferecimento de um modelo de atuação docente; ii) orientação da atenção dos alunos por meio de perguntas; iii) elaboração de um conceito por meio de outro conceito; iv) articulação dos três níveis do conhecimento químico.

Para finalizar, consideramos que, contribuições mais efetivas dessa estratégia formativa seriam possíveis se associadas a outras práticas que visem mudanças como as indicadas por Galiuzzi (2014, p. 22): “Para mudar a formação de professores é preciso transformar a atuação dos formadores de professores, tanto daqueles que atuam nas disciplinas dos conteúdos específicos, tanto daqueles que trabalham no interior da área pedagógica”. Esta proposição mostra-se significativa, na medida em que Rosa (2004, p. 19) chama a atenção para o seguinte fato: “ao terminar sua formação inicial, professores, em geral, acabam se apoiando em referências anteriores de professores e/ou professoras que passaram por sua vida escolar”. Nestas circunstâncias, a mudança acima reivindicada para a transformação das práticas de professores formadores de ambos os campos aliadas às estratégias formativas que possibilitariam alterações consideráveis daquele *habitus* discutido no primeiro capítulo.

Em outros termos, a superação do modelo formativo em pauta só é possível por meio do desvelamento crítico daquele *habitus* articulado com novos modelos de atuação docente. Essa tarefa não é simples, pois requer que professores formadores de ambas as áreas – química e educação química – assumam a responsabilidade pela formação de professores.

Os cursos de licenciatura preocupados com a formação de professor, implicam (re)significações, por parte dos estudantes, de conhecimentos pedagógicos articulados aos conhecimentos de conteúdo específico. Quando os licenciandos refletem sobre as concepções que envolvem sua função mediadora em processos de ensino-aprendizagem, tornam-se capazes de realizar as necessárias (re)elaborações segundo os três conhecimentos definidos por Shulman (1986): de conteúdo, pedagógico de conteúdo e curricular. Para tanto, é preciso promover nos licenciandos o questionamento e a mudança de suas concepções de ciência e docência, tornando acessível um modelo pedagógico de atuação docente que favoreça novas compreensões sobre a dialogia em sala de aula. Defendemos com isso, o oferecimento de um modelo pedagógico que promova condições de diálogo como constitutivo do conhecimento. Em outros termos, mediações pedagógicas que estabeleçam elos de raciocínio para a sistematicidade, a generalidade e a tomada de consciência no processo de elaboração conceitual. Tal tarefa exige um compromisso conjunto dos formadores de ambas as esferas - químicos e educadores químicos - pela formação de professores.

Considerações Finais

Começo as considerações finais deste estudo com as palavras de Amorin (2001, p. 11): “Toda pesquisa só tem um começo depois do fim”. Minha intencionalidade com esta frase é reafirmar a concepção de que pesquisar não é uma atividade com fim em si mesma. Sabemos que a investigação tem seu começo quando tentamos construir possíveis explicações para um determinado fenômeno, mas seu fim não é passível de ser delimitado. Enquanto prática social, é em diálogo com um campo de conhecimento que essa pesquisa se constrói e se desdobrará como processo em constante movimento ao ser retomada, corroborada ou questionada por outros pesquisadores. A pesquisa tem um começo depois do fim, visto que não se esgota ou conclui-se em definitivo, pelo contrário, ao iluminar os fenômenos que estudamos e produzir novas interpretações sobre ele, pode e deve possibilitar o surgimento de novas questões de investigação.

Nesse sentido, foi em diálogo com o campo de estudos em Educação Química que buscamos configurar o ineditismo dessa tese ao articular três contribuições de pesquisas (experimentação investigativa, articulação entre os três níveis de conhecimento químico e mediações pedagógicas) bastante difundas naquela área. Assim, fundamentados nessas três contribuições da literatura, investigamos se e como futuros professores de química (re)elaboram suas visões simplista de docência e empirista/positivista de experimentação e ciência. Para tal, optamos por trabalhar com futuros professores de Química, possíveis ações de ensino em uma estratégia formativa que lhes solicitou a construção de guias experimentais investigativos.

A investigação tecida nos permitiu: i) identificar concepções iniciais dos licenciandos sobre docência, ciência, experiência e articulação dos três níveis de conhecimentos químicos; ii) caracterizar tais concepções, por meio de análise dos guias experimentais produzidos e de possíveis mudanças, ou não, constatadas pelo confronto das duas versões por eles elaboradas; iii) evidenciar depoimentos sobre suas aprendizagens e dificuldades durante a estratégia formativa com eles desenvolvida.

Como podemos apreender das análises, o desafio de propor o ensino de um conceito químico escolar, levando em consideração o pensamento do aluno, proporcionou aos licenciandos a revisão de seu papel como sujeitos mediadores, bem como do papel de seus futuros alunos. Na medida em que teciam o diálogo implicado na segunda parte do guia, eles reviam as próprias concepções sobre docência, experimentação e ciência. Por

consequente, podemos dizer que *o processo de elaboração dos guias experimentais investigativos revelou-se dialético, pois, estes foram uma instância de mobilização das três contribuições de pesquisas que fundamentaram a estratégia, ao mesmo tempo em que foram o instrumento de elaboração das mesmas.*

Ademais, como evidenciado pela análise do processo de produção dos guias pelas duplas focalizadas (Ágata e Alice; Bárbara e Beatriz; Flora e Hebe), a superação das visões simplista de docência e empirista/positivista de ciência, exigiram (re)elaborações sobre experimentação, articulação dos três níveis de conhecimentos químicos e mediações pedagógicas. Deste modo, podemos reiterar a hipótese inicial de que promover junto a futuros professores processos formativos fundamentados em experimentação investigativa, articulação dos três níveis de conhecimento químico e mediações pedagógicas pode contribuir para a superação de concepções simplistas de docência e empirista/positivista de experimentação e de ciência, as quais são reforçadas pelo modelo da racionalidade técnica, historicamente adotada em cursos de Licenciatura em Química.

Por outro lado, nem todos os futuros professores mostraram-se ativamente participantes durante a estratégia formativa. Durante a apresentação dos sujeitos desta pesquisa no capítulo 4, o que nos chamou atenção e, talvez a do leitor, também, foi o fato de que apenas quatro dos doze discentes terem interesse em seguir a carreira docência, mesmo tratando-se de um curso de formação de professores. Todavia, essa tem sido a característica dos últimos anos pelo menos nesta instituição e como outros estudos revelam (como por exemplo, JESUS e LOPES, 2012; FIDALGAS, 2016; SÁ e SANTOS, 2016; AGOSTINI e MASSI, 2017) de forma geral em outros lugares no Brasil. Como analisam tais autores, embora não descartem a docência, a maioria dos alunos nos cursos de Licenciatura em Química acenam para o exercício de outras atividades como, por exemplo, trabalhar com a pesquisa ou na indústria química. As mais frequentes justificativas para a fuga da carreira docente estão relacionadas aos fatores elencados por Sá e Santos (2016, p. 104): “a desvalorização social do professor, os baixos salários, as altas jornadas de trabalho, por exemplo, podem repercutir sobre os cursos de formação desses profissionais determinando a baixa procura, a retenção e a alta evasão dos licenciandos”.

Olhando mais atentamente para o discurso dos sujeitos desta pesquisa, também, identificamos como mais provável explicação para isso as condições precárias de trabalho e os baixos salários dos professores do ensino básico público. Sobrepuja-se a definição

de docência explicitada por Sidney “*ser professor é padecer no inferno!*” (trecho de entrevista). Assim, dos quatro licenciandos com pretensão em trabalhar como professores, apenas Júlio opta pelo ensino básico público, até por já atuar nele há algum tempo. As outras alunas Alice, Beatriz e Hebe acenam para uma possibilidade de docência apenas no ensino superior. Beatriz até justifica sua escolha:

No ensino médio, quando você se depara com aquela imagem do professor degradada... os alunos enxergam isso! E assim, quando você está no início da sua vida e, eu acho que todo mundo já passou por isso, você quer algo que... os professores, hoje em dia, estão muito defasados, tristes, decepcionados, porque não tem mais aquela admiração, aquele reconhecimento.

[trecho de entrevista, durante o segundo semestre]

Acredito que retomar a caracterização sobre o perfil dos futuros professores tem sua importância, uma vez que nos ajuda a entender melhor o processo de construção dos guias experimentais pelos alunos. Afinal o modo como os licenciandos, principalmente as duplas masculinas (com exceção de Júlio que já era professor), olhavam para a docência influenciou diretamente o envolvimento com seus trabalhos.

Quero ressaltar com isso que além das próprias limitações da estratégia formativa, existe um contexto social, político, econômico e cultural que interfere nos desdobramentos e desenvolvimento da tese. Apoiado no esteio teórico-metodológico assumido, pelas palavras de Vigotski (1931/2012, p. 68 – nossa tradução) reitero a posição metodológica que nos orienta olhar para o fenômeno em seu desenvolvimento histórico: “a investigação histórica da conduta não é algo que complementa ou ajuda o estudo teórico, mas sim constitui seu fundamento”.

Em outras palavras, referimo-nos às condições reais de produção historicamente construídas, nas quais, desenvolvemos a pesquisa e que, também, podem nos ajudar a entender e explicar seus resultados, já que segundo Vigotski (1929/2000, p.23): “toda peculiaridade do psiquismo do homem está em que nele são unidas (síntese) uma e outra história (evolução + história)”. Nesses termos, se estivéssemos em um contexto nacional de valorização do trabalho docente ou de uma cultura formativa arraigada do *habitus* do campo da educação química e não, fundamentalmente, dos químicos, estaríamos discutindo outras conclusões. Logo, para além das considerações gerais, gostaria de destacar esses dois últimos elementos do processo de desenvolvimento desta tese.

O primeiro aspecto a ser problematizado é o desinteresse da maioria da turma de licenciandos, participantes desta investigação, pela profissão de professor. Como discutido, esse quadro é reflexo de desafios nacionais relacionados à desvalorização social e precarização do trabalho docente (SILVA, BARBOSA e PIRES, 2015; SÁ e SANTOS, 2016; SOUZA, BRASIL e NAKADAKI, 2017). A desvalorização do trabalho docente é entendida por Souza, Brasil e Nakadaki (2017) como uma dívida histórica de 121 anos, na medida em que, considerada a primeira legislação de educação voltada à professores no Brasil em 15 de outubro de 1827, foi somente em 2008 que um piso salarial foi regulamentado para esses profissionais com a aprovação da Lei nº 11.738. Além disso, como as próprias autoras analisam, mesmo com a atualização em 2009 para R\$1.128,00, esse valor continua irrisório e desproporcional se comparado aos salários dos profissionais de outras áreas com mesmo grau de estudo:

vale destacar a diferença acentuada entre o piso de um professor e o piso de um profissional de formação similar, com curso universitário de duração menor, equivalente ou superior a 4 anos, sendo estes “diplomados pelos cursos regulares superiores mantidos pelas Escolas de Engenharia, de Química, de Arquitetura, de Agronomia e de Veterinária”, de acordo com o art. 1º da Lei no 4.950-A, de 22 de abril de 1966, que estabelece o piso salarial destes em 5 à 6 salários mínimos em vigência no Brasil, ou seja, um salário-base que pode variar entre R\$4.685,00 e R\$5.622,00 (SOUZA, BRASIL e NAKADAKI, 2017, p. 60).

Dessa forma, associado aos baixos salários e às condições precárias de trabalho, está o desprestígio social sofrido pela categoria, pois, dada a baixa remuneração, o professor é visto na sociedade como um profissional “falido” (SILVA, BARBOSA e PIRES, 2015).

A desvalorização social do professor, como indica Penna (2011), também se concretiza no exercício cotidiano: quando o professor perde sua autoridade e deixa de ser uma referência para a comunidade em que está inserido. Ao meu ver, um exemplo atual de desvalorização social do professor foi o Projeto de Lei 7180/2014 que tramitou na Câmara dos Deputados Federais de 2015 até seu arquivamento em dezembro deste ano, intitulado “escola sem partido” e defendia a inclusão “entre os princípios do ensino o respeito às convicções do aluno, de seus pais ou responsáveis, dando precedência aos valores de ordem familiar sobre a educação escolar nos aspectos relacionados à educação moral, sexual e religiosa” (BRASIL, 2015b).

A proposição do projeto, ao validar e valorizar convicções de alunos, de seus pais ou responsáveis em detrimento do conhecimento científico escolar possibilitando,

inclusive, condições de censurar este último, apresentou-se como mais uma evidência de desvalorização social da escola, bem como do professor e de desrespeito aos itens I e II do artigo 206 da Constituição Brasileira: “O ensino será ministrado com base nos seguintes princípios: [...] ii) liberdade de aprender, ensinar, pesquisar e divulgar o pensamento, a arte e o saber; iii) pluralismo de idéias e de concepções pedagógicas, e coexistência de instituições públicas e privadas de ensino [...]” (BRASIL, 1988).

Afinal, como pensar a escola e o trabalho do professor numa esfera de confirmação/repetição de conceitos que deveriam ser corrigidos, ampliados e ressignificados e que serão reafirmados pela égide da unilateralidade de ideias defendidas pelo projeto?

Diante de tal problematização, concordo com Faria e Moreira (2017, p. 434) que aquele projeto contribui para o histórico “esfacelamento dos sentidos do magistério a partir da desqualificação do professor e do esvaziamento dos saberes profissionais por ele produzidos e mobilizados no exercício do seu trabalho”. Reafirmo que a desprestígio da carreira docente é histórico, não só com base nos estudos acima mencionados, mas tomando como exemplo, no caso da educação química, a discussão tecida no primeiro capítulo sobre a constituição dos cursos de licenciatura ao citarmos aquele levantamento de Beisiegel referido por Schnetzler (2002) em que somente 12% dos formados no Departamento de Química da FFCL da USP entre 1937 e 1965 dirigiam-se ao magistério.

Esse preocupante contexto de desvalorização social, se por um lado ajuda a explicar o desinteresse da maioria dos jovens pela docência, por outro, explicita a urgência do porquê investir e investigar a formação inicial de professores. Mais do que isto, ao nos conscientizarmos dessa situação, ela nos revela a importância de juntarmos esforços para lutar pela implementação de políticas públicas que alterem essa representação social do professor da Educação Básica historicamente construída. Tal mudança só será possível por meio da valorização salarial da categoria; criação de plano de carreira; melhoria nas condições de trabalho, com dedicação exclusiva à uma única escola; garantia dos direitos de liberdade e pluralidade de ideias na escola etc. Por fim, acredito que evidenciar esse cenário, mesmo que de forma sucinta, seja importante para justificar a importância da luta pela valorização da educação e do professor.

O quadro até aqui desenhado pode nos causar a seguinte indagação: por que investir na formação de jovens, que em sua maioria, não estão preocupados com a docência? No que tange à formação de professores, outro agravante justifica o incentivo

e o investimento na formação inicial. No caso do ensino de Química, por exemplo, estatísticas do Ministério da Educação, realizadas pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira – Inep -, têm indicado a carência de professores, particularmente das ciências naturais para o ensino da educação básica.

Segundo dados recentes publicados no Censo dos Professores pelo Inep, estima-se que para atendermos a atual demanda do ensino médio brasileiro seria necessária a contratação de 26,8 mil professores exclusivos de química, trabalhando em jornada de trabalho de 40 horas semanais. Para piorar ainda mais esse cenário, este mesmo Censo afirma que dos 45.365 professores que lecionam Química para o ensino médio no Brasil, apenas 43,2% possuem formação específica, ou seja, Licenciatura plena em Química ou Bacharel em Química com complementação pedagógica (BRASIL, 2013). Portanto, essa estatística reitera a urgência da formação de profissionais capacitados para o ensino de química em nível básico.

Tal formação, como até aqui defendido, pressupõe que licenciandos em química dominem aqueles conteúdos explicitados por Shulman (1986) (conhecimento de conteúdo, pedagógico de conteúdo e curricular) e, mais do que isto, possam fazer “educação por meio da Química” como Chassot (2014) reivindica.

A introdução de futuros professores nesse campo de trabalho, como discutido no primeiro capítulo, pressupõe inseri-los em novas práticas profissionais baseadas pelo *habitus* próprio da docência, que lhes permitam o desenvolvimento das capacidades necessárias para reelaborar os conhecimentos químicos em conhecimentos químicos escolares. Neste ponto, reside o segundo aspecto que gostaria de destacar.

Considerando que um dos nossos maiores desafios ainda seja a superação do modelo formativo em voga, defendo não apenas o desvelamento crítico daquele *habitus*, mas também o oferecimento de modelos alternativos de atuação docente para que os futuros licenciandos tenham como referência e sejam, por meio da formação inicial, apresentados a outras abordagens sobre como ensinar. Contudo, tais práticas precisam estar baseadas em concepções de ciência e docência que possam tornar acessível um modelo pedagógico de atuação docente, distinto do modelo da racionalidade técnica.

Quando concebemos a formação como *continuum*, podemos afirmar que a forma de ser dos professores não se faz nos cursos de formação inicial, mas sim é uma forma de comportamento cultural que se constitui na trajetória pessoal e profissional. Portanto, quando se quer investigar como os professores atuam e por que atuam é necessário

entender suas razões culturais, o que culmina na importância desse *habitus*. É por meio da introdução de um novo *habitus* que envolva a (re)elaboração e superação de concepções simplista de docência e empirista/positivista de ciência que podemos produzir outras práticas diferentes das existentes. Todavia, essa tarefa não é simples, pois, como nos diz Galiazzi (2014), exige transformar a atuação de professores formadores da química e da educação química: formadores de ambas as áreas precisam responsabilizar-se, assumindo como objetivo da licenciatura a formação dos futuros professores e não apenas de futuros bacharéis. Foi nessa direção que, ao longo desta tese, problematizamos o papel dos professores formadores no processo de formação de futuros professores, destacamos as mediações da professora formadora que contribuíram para o processo de reelaboração dos licenciandos e que, agora, reafirmo a importância da ampliação de novas pesquisas que contemple esse tema.

Admitindo a tese de desenvolvimento humano estabelecida por Vigotski (1931/2012, p. 147 – nossa tradução) que concebe o desenvolvimento sócio-histórico de formação das funções psíquicas superiores por meio da assimilação da cultura: “as relações entre as funções psíquicas superiores foram antes relações entre os homens”, foi que buscamos analisar o processo de formação e de aprendizagem proporcionado pela estratégia.

Partir deste postulado nos permitiu, considerar o outro numa função constitutiva e não apenas facilitadora nos processos de mediações pedagógicas, como advoga Conti (2010). Esse pressuposto, nos abriu caminho para: i) redefinir, junto com os licenciandos, o papel do professor, segundo o conceito de mediação pedagógica e ii) considerar aspectos relacionados ao papel do oferecimento de modelos de atuação docente que possam servir de referência para que os futuros professores construam suas próprias práticas.

Assim, o movimento de (re)elaboração dos sujeitos da pesquisa foi analisado sob dois ângulos: a formação dos licenciandos que, enquanto alunos, apropriavam-se daquelas três contribuições de pesquisas que fundamentaram a estratégia; ao mesmo tempo em que se colocavam no papel de professores e propunham o ensino de um conteúdo químico por meio do guia experimental investigativo.

Para além dessa análise, ressalto que, por vivenciar e atuar na estratégia formativa, pude ressignificar minha prática e, ao participar da formação dos futuros professores, fui também me constituindo formador. Em outros termos, enquanto sujeito mediador tive

minha prática pedagógica transformada mutuamente à dos futuros professores, de modo semelhante ao que Tunes, Tacca e Bartholo Jr. (2005, p. 695) conceituam o jogo assimétrico entre professor e aluno:

Se, no processo do ensinar e do aprender, o aluno sempre se antecipa como oferta, na situação dialógica, interferindo efetivamente com restrições nas possibilidades de ação do professor, este não passa “em brancas nuvens” pela relação. Logo, não pode ser concebido como um mero elo intermediário, um negociador que, em princípio, permaneceria o mesmo pós-negociação. Nem o aluno, nem o professor são os mesmos depois do diálogo. O processo de ensinar e aprender, visto como unidade, parece, de fato, constituir um desafio à permanência da mesmice.

Finalmente destaco que, para mim, esse processo de pesquisa e formação não está acabado, ao contrário, apenas começando. Por esta razão, encerro esta tese fazendo das palavras de Paulo Freire (2010, p. 29) as minhas, pois expressam o significado que a pesquisa tem na minha concepção de constituição de professor:

Não há ensino sem pesquisa e não há pesquisa sem ensino. Fala-se hoje, com insistência, no professor pesquisador. No meu entender o que há de pesquisador não é uma qualidade ou uma forma de ser ou de atuar que se acrescente à de ensinar. Faz parte da natureza da prática docente a indagação, a busca, a pesquisa. O de que se precisa é que, em sua formação permanente o professor se perceba e se assuma, porque professor, como pesquisador.

Referências

- AGOSTINI, G.; MASSI, L. Atratividade e permanência na carreira docente: um estudo sobre o encaminhamento profissional de licenciados em Química. In: XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC, 2017. *Anais do...* Florianópolis, UFSC, p. 1 -10, 2017.
- ALMEIDA, S.; MESQUITA, N. A. S. Prática como Componente Curricular como elemento formativo: compreensões nos projetos pedagógicos de Licenciatura em Química em Goiás. *Acta Scientiae*, Canoas v.19 n.1 p.157-176 jan./fev. 2017.
- AMORIN, M. *O pesquisador e o seu Outro: Bakhtin nas ciências sociais*. São Paulo: Musa Editora, 2001.
- ANDRADE, J. J. Sobre indícios e indicadores da produção de conhecimentos: relações de ensino e elaboração conceitual. In: SMOLKA, A. L. B.; NOGUEIRA, A. L. H. (Orgs.). *Questões de desenvolvimento humano: práticas e sentidos*. Campinas: Mercado das Letras, v. 1, p. 81-106, 2010.
- ANDRADE, R. DA S.; VIANA, K. DA S. L. Atividades experimentais no ensino da química: distanciamentos e aproximações da avaliação de quarta geração. *Ciência & Educação (Bauru)*, 23(2), 507-522, 2017.
- AZEVEDO, F.; DORIA, A. P. A. DE S.; TEIXEIRA, A. S.; LOURENÇO FILHO, M. B.; PINTO, R.; PESSÔA, J. G. F.; MESQUITA FILHO, J. DE; BRIQUET, R.; CASASSANTA, M.; CARVALHO, C. D. DE; ALMEIDA JR., A. F. DE; FONTENELLE, J. P.; BARROS, R. L. DE; NOEMY M. DA SILVEIRA LIMA, H.; VIVACQUA, A.; VENANCIO FILHO, F.; MARANHÃO, P.; MEIRELLES, C.; MENDONÇA, E. S. DE ; ALBERTO, A. A.; REZENDE, G. DE; CUNHA, N. DA; LEMME, P.; GOMES, R. O manifesto dos pioneiros da educação nova. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, Brasília, 65(150), mai./ago. 1932/1984, p. 407 – 425.
- BARBERÁ, O.; VALDÉS, P. El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 14, n.3, p. 365-379, nov., 1996.
- BEGO, A. M.; OLIVEIRA, R. C.; CORREA, R. G. O papel da Prática como Componente Curricular na Formação Inicial de Professores de Química: possibilidades de inovação didático-pedagógica. *Química Nova na Escola*, Vol. 39, n. 3, p. 250-260, agosto, 2017.
- BENITE, C. R. M; BENITE, A. M. C; ECHEVERRÍA, A. R. A Pesquisa na Formação de Formadores de Professores: em foco, a educação química. *Revista Química Nova na Escola*, v. 32, p. 257-266, 2010.
- BONNEWITZ, P. *Primeiras lições sobre a sociologia de Pierre Bourdieu*. Petrópolis: Editora Vozes, 2003. Tradução de Lucy Magalhães.
- BOURDIEU, P. O campo científico. In: ORTIZ, R. (Org.), *Pierre Bourdieu*. São Paulo: Ática, 1994.

BOURDIEU, P. *O poder simbólico*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. Tradução de Fernando Tomaz.

_____. *Os usos sociais da ciência: por uma sociologia clínica do campo científico*. São Paulo: Editora UNESP, 2004. Tradução de Denise Bárbara Catani.

BRASIL, Conselho Nacional de Educação. (2015a). Resolução CNE/CP n. 02/2015, de 1º de julho de 2015. Define as Diretrizes Curriculares Nacionais para a formação inicial em nível superior (cursos de licenciatura, cursos de formação pedagógica para graduados e cursos de segunda licenciatura) e para a formação continuada. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=17719-res-cne-cp-002-03072015&category_slug=julho-2015-pdf&Itemid=30192>. Acesso em 04 de maio de 2018.

_____. (2001). Conselho Nacional de Educação. Parecer CNE/CP n. 9, de 08 de maio de 2001. Institui a Proposta de Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica, em nível superior, curso de licenciatura, de graduação plena. Disponível em <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/009.pdf>>. Acesso em 04 de maio de 2018.

_____. (2002). Conselho Nacional de Educação. Resolução CNE/CP n.1, de 18 de fevereiro de 2002. Institui Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica, em nível superior, curso de licenciatura, de graduação plena. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/res1_2.pdf>. Acesso em 04 de maio de 2018.

_____. *Censo Escolar 2013: perfil da docência no ensino médio regular*. Brasília, DF. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, Inep. 2015.

_____. *Constituição (1988)*. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

_____. Projeto de Lei nº 867/2015, de 23 de maio de 2015. (da Câmara dos Deputados, 2015b). *Inclui, entre as diretrizes e bases da educação nacional, o "Programa Escola sem Partido"*. Brasília, Disponível em: <<https://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=1050668>>. Acesso em: 01 nov. 2018.

_____. Resolução CNE/CES n.8, de 11 de março de 2002b. Estabelece as diretrizes curriculares para os cursos de bacharelado e licenciatura em química. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES08-2002.pdf>.

_____. Resolução CNE/CP n. 2, de 1 de julho de 2015. Diretrizes curriculares nacionais para a formação inicial em nível superior e para a formação continuada. Disponível em: http://pronacampo.mec.gov.br/images/pdf/res_cne_cp_02_03072015.pdf.

_____. Resolução CNE/CP n.1, de 18 de fevereiro de 2002a. Diretrizes curriculares nacionais para a formação de professores da educação básica, em nível superior, curso de licenciatura, de graduação plena. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1303.pdf>.

CHASSOT, A. *Para que(m) é útil o ensino?* Ijuí: Editora Unijuí, 3ª ed., 2014.

COMTE, A. *Curso de Filosofia Positiva*. 1ª e 2ª lições. Comte/Durkheim. Trad. José Arthur Gianotti. São Paulo, Abril Cultural, 1973. (Coleção Os Pensadores).

CONTI, C. A. M. de. *O papel do outro na constituição do psiquismo: Um tema e duas abordagens em dialogia*. 213f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Educação, UNIMEP – Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba, 2010.

CONTRERAS, J. *A autonomia de professores*. São Paulo: Cortez, 2002.

CUNHA, M. I da. A docência como ação complexa. In: CUNHA, M. I. (Org.). *Trajetórias e lugares de formação da docência universitária: da perspectiva individual ao espaço institucional*. Araraquara: Junqueira & Marin; Brasília: CAPES/CNPq, 2010a, p. 19-34.

_____. A educação superior e o campo da pedagogia universitária: legitimidades e desafios. In: CUNHA, M. I. (Org.). *Trajetórias e lugares de formação da docência universitária: da perspectiva individual ao espaço institucional*. Araraquara: Junqueira & Marin; Brasília: CAPES/CNPq, 2010b, p. 59-82.

_____. Lugares de formação: tensões entre a academia e o trabalho docente. In: DALBEN, A.; DINIZ-PEREIRA, J.; LEAL, L.; SANTOS, L. (Orgs.) *Coleção Didática e Prática de Ensino – convergências e tensões no campo da formação e do trabalho docente*. Belo Horizonte: Editora Autêntica, 2010c, p. 129 – 149.

_____. O tema da formação de professores: trajetórias e tendências do campo na pesquisa e na ação. *Educação & Pesquisa*, São Paulo, Ahead of print, p.1 - 17, 2013.

DINIZ-PEREIRA, J. E.; AMARAL, F. V. Convergências e tensões nas pesquisas e nos debates sobre as licenciaturas no Brasil. In: DALBEN, A.; DINIZ-PEREIRA, J.; LEAL, L.; SANTOS, L. (Orgs.) *Coleção Didática e Prática de Ensino – convergências e tensões no campo da formação e do trabalho docente*. Belo Horizonte: Editora Autêntica, 2010, p. 527 – 550.

DOURADO, L. F. Diretrizes curriculares nacionais para a formação inicial e continuada dos profissionais do magistério da educação básica: concepções e desafios. *Educação & Sociedade*, Campinas, v. 36, nº. 131, p. 299-324, abr.-jun., 2015.

DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACHA, J.; MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Constructing scientific knowledge in classroom. *Educational Researcher*, n. 7, p. 5 – 12, 1994. In: Tradução de MORTIMER, E. Construindo conhecimento científico em sala de aula. *Química Nova na Escola*, n. 9, 1999. p. 31 – 40.

ECHEVERRÍA, A. R.; BENITE, A. M. C.; SOARES, M. H. F. B. A pesquisa na formação inicial de professores de Química - A experiência no instituto de Química da Universidade Federal de Goiás. In: ECHEVERRÍA, A. R.; ZANON, L. B. (Orgs.). *Formação superior em Química no Brasil: práticas e fundamentos curriculares*. Ijuí: Unijuí, 2010, p. 25 – 48.

FARIA, M. V. de O.; MOREIRA, T. C. Desvalorização da educação democrática em tempos de escola sem partido: a escola em disputa e o Enem como pretexto. *Revista Aleph*, ano XIV, n. 29, dezembro, p. 423-442, 2017.

FIDALGAS, J. C. Perfil dos Estudantes de Licenciatura em Química da Universidade Federal da Bahia. In: XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVIII ENEQ), Florianópolis - SC, 2016. *Anais do...* Florianópolis, UFSC, p. 1 – 10, 2016.

FLOR, C. C. *Na busca de ler para ser em aulas de Química*. 1. ed. Ijuí: Editora Unijuí, 2015.

_____.; CASSIANI, S. Estudos envolvendo linguagem e Educação Química no período de 2000 a 2008 – algumas considerações. *Revista Ensaio*, Belo Horizonte, v. 14, n. 01, p.181-193, jan-abr, 2012.

FONSECA, V. C.; SANTOS, F. M. T. Educação em Química, formação e trabalho docente: revisão de pesquisas Brasileiras (2002-2015). *Investigações em Ensino de Ciências* – vol. 21, n. 2, p. 179-199, 2016.

FONTANA, R. A. C. A elaboração conceitual: a dinâmica das interlocuções na sala de aula. In SMOLKA, A. L. B.; GÓES, M. C. R. (org.). *A linguagem e o outro no espaço escolar: Vygotsky e a construção do conhecimento*. 6ª Ed. Campinas, Papirus, 2001, p. 121 - 151.

_____.; CRUZ, M. N. *Psicologia e trabalho pedagógico*. São Paulo: Atual, 1997.

FRANÇA, L. F. R.; FRANCISCO, W. Atividades de Escrita e Reescrita Orientada: Uma Possibilidade de Transição entre as Dimensões Macroscópicas/Experiências, Microscópicas/Modelos e Simbólicas/Representacionais. *ALEXANDRIA: Revista de Educação Ciência e Tecnologia*, Florianópolis, v. 11, n. 1, p. 261-281, maio. 2018.

FRANCISCO JUNIOR, W. E.; PETERNELE, W. S.; YAMASHITA, M. A Formação de Professores de Química no Estado de Rondônia: Necessidades e Apontamentos. *Revista Química Nova na Escola*, vol. 31, n. 2, p. 113-122, 2008.

FRAZER, M. J. A pesquisa em Educação Química. *Química Nova*, vol. 5, v. 4, p. 126-128, 1982.

FREIRE, P. *Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra, 2010.

_____. *Pedagogia do Oprimido*. 54a ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2013.

FRIEDRICH, J. *Lev Vigotski mediação, aprendizagem e desenvolvimento: uma leitura filosófica e epistemológica*. Campinas: Mercado das Letras, 2012.

GALIAZZI, M. do C.; GONÇALVES, F. P. A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em Química. *Química Nova*, v.27, n.2, p.326-331, 2004.

GALIAZZI, M. do C. *Educar pela pesquisa: ambiente de formação de professores de ciências*. Ijuí: Ed. Unijuí, 3ª ed., 2014.

GIBIN, G. B.; LIMA, S. A. M. Concepções de licenciandos do PIBID de Química / UNESP de Presidente Prudente sobre o papel pedagógico da experimentação. *Scientia Plena*, vol. 11, n. 06, p. 1 – 8, 2015.

GÓES, M. C. R. A aprendizagem e o ensino fecundo: apontamentos na perspectiva da abordagem histórico-cultural. In: PERES, E.; TRAVERSINI, C.; EGGERT, E.; BONIN, I. (Orgs.). *Trajetórias e processos de ensinar e aprender: sujeitos, currículo e cultura*. Porto Alegre: EDIPUCRS, p. 414-420, 2008.

_____. As relações intersubjetivas na construção de conhecimentos. In: GÓES, M. C. R. de; SMOLKA, A. N. B. (Orgs.). *A significação nos espaços educacionais: interação social e subjetivação*. Campinas: Papirus, p. 11 – 28, 1997.

_____.; CRUZ, M. N. da. Sentido, significado e conceito: notas sobre as contribuições de Lev Vigotski. *Pro-Posições* (Unicamp), v. 17, p. 31-45, 2006.

GOUVÊA, G. L.; SUART, R. C. Análise das interações dialógicas e habilidades cognitivas desenvolvidas durante a aplicação de um jogo didático no ensino de química. *Ciências & Cognição*, Vol 19, nº 1, p. 27-46, 2014.

HODSON, D. H. Un Enfoque más critico del Trabajo de laboratório. *Enseñanza de Las Ciências*, 12(3), p.299-313, 1994.

HUME, D. Investigação acerca do Entendimento Humano. São Paulo: Editora Nova Cultural, 1996 (Coleção Pensadores).

JESUS, A. P. F. DE; LOPES, E. T. Ingressantes 2012 no curso de licenciatura em Química: perfil e opção pelo curso. In: VI Colóquio Internacional: Educação e Contemporaneidade, São Cristóvão – SE, 2012, *Anais do....*, Aracajú, UFS, p. 1 – 11, 2012.

JOHNSTONE, A. H. Teaching of chemistry – logical or psychological? *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, v. 1, n. 1. p. 9-15, 2000.

_____. Why is Science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*. Vol. 7, 1991, p. 75 – 83.

_____. Macro and microchemistry. *The School Science Review*, v. 64, n. 227, p. 377-379, 1982.

KASSEBOEHMER, A. C.; FERREIRA, L. H. O espaço da prática de ensino e do estágio curricular nos cursos de formação de professores de química das IES públicas paulistas. *Química Nova*, v.31, n.3, p.694-699, 2008.

KRASILCHIK, M. Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências. *São Paulo Perspec.*, São Paulo , v. 14, n. 1, p. 85-93, Mar. 2000.

LACERDA, C. C.; CAMPOS, A. F.; MARCELINO-JR., C. A. C. Abordagem dos conceitos mistura, substância simples, substância composta e elemento químico numa perspectiva de ensino por situação-problema. *Química Nova na Escola*. Vol. 34, Nº 2, p. 75-82, maio, 2012.

LEONTIEV, A. *O desenvolvimento do psiquismo*. Trad. Manuel D. Duarte. Lisboa: Livros Horizonte, 1978.

LESSA, B. K. A. B.; SOUZA, E. M. de F. Resolução CNE/CP Nº. 02/2015 e suas interfaces com os cenários formativos para docência em química. *Seminário Gepráxis*, Vitória da Conquista – Bahia – Brasil, v. 6, n. 6, p 386-401, 2017.

LOPES, A.C. *Currículo e Epistemologia*. Ijuí: Editora Unijuí, 2007.

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

_____. *Curso de Psicologia*. Volume I. 2ª ed. Geral Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1999. Tradução de Paulo Bezerra.

MACHADO, A. H. Compreendendo as relações entre discurso e a elaboração de conhecimentos científicos na sala de aula. In: SCHNETZLER, R. P; ARAGÃO, R. M. R. de (orgs.). *Ensino de Ciências: fundamentos e abordagens*. Campinas: R. Vieira Gráfica e Editora Ltda., 2000

MACHADO, A. H. Pensando e Falando sobre fenômenos químicos. *Revista Química Nova na Escola*, nº 12, novembro de 2000, p. 38 – 42.

_____.; MORTIMER, E. F. Química para o ensino médio – fundamentos, pressupostos e o fazer cotidiano. In: ZANON, L. B.; MALDANER, O. A. (Orgs). *Fundamentos e Propostas de Ensino de Química para a Educação Básica no Brasil*. Ijuí, Editora UNIJUÍ, p.21-41. 2007.

_____.; MOURA, A. L. A. Linguagem no ensino de Química. *Revista Química Nova na Escola*, nº 2, novembro de 1995, p. 27 – 30.

_____. *Aula de Química, discurso e conhecimento*. Ijuí: Unijuí, 1999.

MALDANER, O. A. *A formação inicial e continuada de professores de Química - professor/pesquisador*. Ijuí: Ed. Unijuí, 2000a.

MALDANER, O. A. A pós-graduação e a formação do educador químico: tendências e perspectivas. In: ROSA, M. I. P.; Rossi, A. V. (Orgs.) *Educação Química no Brasil: memórias, políticas e tendências*. Campinas: Editora Átomo, 2008, p. 267 - 288.

_____. Concepções epistemológicas no ensino de ciências. In: SCHNETZLER, R. P; ARAGÃO, R. M. R. de (orgs.). *Ensino de Ciências: fundamentos e abordagens*. Campinas: R. Vieira Gráfica e Editora Ltda., 2000b, p. 60 – 81.

_____. Formação de professores para um contexto de referência conhecido. In: NERY, B. K.; MALDANER, O. A. (Orgs.). *Formação de Professores: compreensões em novos programas de ações*. Ijuí: Ed. Unijuí, p. 15 – 42, 2014.

_____. Prefácio. In: LOPES, J. G. da S.; MASSI, L. (Orgs.). *Aprendizagens da docência no ensino superior: desafios e perspectivas da educação em ciências*. São Paulo: Editora Livraria de Física, p. 7 – 15, 2017.

_____.; FRISON, M. D. Constituição de conhecimento de professor de Química em tempos e espaços privilegiados na licenciatura. In: NERY, B. K.; MALDANER, O. A. (Orgs.). *Formação de Professores: compreensões em novos programas de ações*. Ijuí: Ed. Unijuí, p. 43 – 82, 2014.

_____.; PIEDADE, M do C. T. Repensando a química. *Revista Química Nova na Escola*, nº 1, maio de 1995, p. 15 – 19.

_____.; ZANON, L. B. Pesquisa educacional e produção de conhecimento do Professor de Química. In: SANTOS, W. e MALDANER, O. A. (Orgs). *Ensino de Química em foco*. Ijuí. Editora Unijuí, 2010, p.331 - 365.

MARCONDES, M.; SOUZA, F.; SUART, R. Atividades experimentais investigativas de química no ensino médio: uma análise das interações verbais e cognitivas. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, p. 442-446, 2009.

MARTINS, L. M. Fundamentos psicológicos da pedagogia histórico-crítica e fundamentos pedagógicos da psicologia histórico cultural. *Germinal: Marxismo e Educação em Debate*, v. 5, p. 130 - 143, 2013.

_____. O papel da educação escolar no desenvolvimento psíquico. In: MARTINS, L. M. (Org.). *O desenvolvimento do psiquismo e a educação escolar: contribuições à luz da psicologia histórico-cultural e da pedagogia histórico crítica*. Campinas: Autores Associados, 2013b.

_____.; RABATINI, V. G. A concepção de cultura em Vigotski: contribuições para a educação escolar. *Revista Psicologia Política* (Impresso), v. 11, p. 345-358, 2011.

MARX, K. “Burgueses e Proletários”. In: Marx/Engels. Coleção História. Organização e Introdução de Florestan Fernandes. São Paulo: Ática, p. 431-440, 1983).

MASSENA, E. P. A formação inicial de professores de química pensada a partir de alguns pressupostos do educar pela pesquisa. *Educação Unisinos*, vol. 19, n. 1, jan./abr., p. 45 – 56, 2015.

MATTOS, A. P. dos; FRISON, M. D. O papel da linguagem na formação de professores de Química: uma (re)leitura a partir da pedagogia histórico cultural. In: XXI Jornada de Pesquisa do São de Conhecimento Unijuí, 2016, *Anais do...*, Ijuí: Unijuí, p. 1- 4, 2016.

MELO, M. S. de. *A transição entre os níveis – macroscópico, submicroscópico e representacional – uma proposta metodológica*. 134 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, UnB - Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

MELO, M.S.; SILVA, R. R. Atividades Demonstrativas-Investigativas no Ensino de Química. XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química. In: XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química, 2016, *Anais do...* Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, p. 1-10, 2016.

MESQUITA, N. A da S.; CARDOSO, T. M. G.; SOARES, M. H. F. B. O projeto de educação instituído a partir de 1990: caminhos percorridos na formação de professores de Química no Brasil. *Química Nova*, vol. 36, n.1, 2013, p. 195-200.

_____.; SOARES, M. H. F. B. Aspectos históricos dos cursos de licenciatura em química no Brasil nas décadas de 1930 a 1980. *Química Nova*, vol. 34, n.1, 2012, p. 165-174.

MIGUEL, F. V. C. A entrevista como instrumento para investigação em pesquisas qualitativas no campo da linguística aplicada. *Revista Odisseia*, PPgEL/UFRN, nº 5, jan. – jun. de 2010, p. 1 – 11. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufrn.br/odisseia/article/view/2029>>. Acesso em 22 de outubro de 2014.

MINAYO, M. C. de S. Trabalho de campo: contexto de observação, interação e descoberta. In: DESLANDES, S. F; GOMES, R; MINAYO, M. C. de S. (Orgs.). *Pesquisa social: teoria, método e criatividade*. 31ª ed. Petrópolis: Vozes, 2012.

MIZUKAMI, M. da G. N. Aprendizagem da docência: algumas contribuições de L. S. Shulman. *Educação*, Santa Maria, vol. 29, n. 2, p. 33 49, 2004.

MÓL, G. de S. A divisão de Ensino da SBQ. In: MÓL, G. de S. (Org.). *Ensino de Química: visões e reflexões*. Ijuí: Ed. Unijuí, 2012. p. 11 – 26.

MOLON, S. I. Questões metodológicas de pesquisa na abordagem sócio-histórica. Porto Alegre, v.11, n.1, jan./jun. 2008, p. 56 – 68.

MONTEIRO, J. P. G. David Hume: vida e obra. São Paulo: Editora Nova Cultural, 1996 (Coleção Pensadores).

MORAIS, R. O.; SILVA, T. S.; OLIVEIRA, J. B.; SILVA, A. B.; RIBEIRO, M. E. N. P. Reflexão sobre a pesquisa em ensino de Química no Brasil através do panorama da linha de pesquisa: linguagem e formação de conceitos. *HOLOS*, Ano 30, Vol. 4, p. 473 – 491, 2014.

MORTIMER, E. F. A chama e os cristais revisitados: estabelecendo diálogos entre linguagem científica e linguagem cotidiana no ensino de Ciências da natureza. In: SANTOS, W. e MALDANER, O. A. (Orgs.). *Ensino de Química em foco*. Ijuí. Editora Unijuí, 2010, p. 181 – 208.

_____. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? *Investigação em Ensino de Ciências*, n. 1, vol. 1, 1996, p. 20-39.

_____.; MACHADO, A. H. Múltiplos olhares sobre um episódio de ensino: por que o gelo flutua na água? In: Encontro sobre teoria e pesquisa em ensino de ciências: linguagem, cultura e cognição reflexões para o ensino de ciências, 1997, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: UFMG-FE / UNICAMP-FE, 1997. p. 139-162.

_____.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L. I. A proposta curricular de química do estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. *Química Nova*, v. 23, n. 2, p. 273-283, 2000.

MOTTA, C. S.; DORNELES, A. M.; HECKLER, V.; GALIAZZI, M. C. Experimentação investigativa: indagação dialógica do objeto aperfeiçoável. *Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC* Águas de Lindóia, SP – 10 a 14 de Novembro de 2013.

NAKHLEH, M. B. Why some students don't learn chemistry. *Journal of Chemical Education*, vol. 69, p. 191 – 196, 1992.

- NERY, B. K.; MALDANER, O. A. *Formação de Professores: compreensões em novos programas de ações*. Ijuí: Ed. Unijuí, 2014.
- OKI, M.C.M. O conceito de elemento da antiguidade à modernidade. *Química Nova na Escola*, n. 16, p. 21- 25 2002.
- ORNELLAS, J. F.; PINTO, A. A.; RABONI, P. C. A. Interações verbais em aulas de química e o funcionamento das atividades práticas. In: II Simpósio Nacional de Educação, 2010. *Anais do...* Cascavel: Universidade Estadual de Londrina, p. 1-9, 2010.
- ORTIZ, R. *Pierre Bourdieu*. São Paulo: Ática, 1994.
- PADILHA, A. M. L. Escola é lugar de sujeitos que aprendem. In: Sonia L. Victor; Rogério Drago; Edson Pantaleão. (Org.). *Educação Especial no Cenário Educacional Brasileiro*. 1ed.São Carlos: Pedro & João, 2013, v. 1, p. 45-61.
- PARENTE, L. T. de S. *Bachelard e a química no ensino e na pesquisa*. Fortaleza, EUFC, 1990.
- PAULETTI, F. FENNER, R. S. F. ROSA, M. P. A. A linguagem como recurso potencializador no ensino de Química. *PERSPECTIVA*, Erechim. v.37, n.139, p.7-17, setembro/2013.
- PENNA, M. G. O. *Exercício docente: posições sociais e condições de vida e trabalho de professores*. Araraquara: Junqueira & Marin Editores, 2011.
- PÉREZ-GÓMEZ A. O pensamento prático do professor: a formação do professor como profissional reflexivo. In: NÓVOA, A. (org.). *Os professores e sua formação*. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1992, p. 93 - 114.
- PERUCE, L. S.; LIMA, L. P.; SILVA, T. L.; ALVES, K. dos S.; ALMEIDA, S. A. dos; ALMEIDA, M. A. D.; ANDRADE, A. L. Dialogia no ensino de química: reflexões de uma experiência. *Experiências em Ensino de Ciências*, vol. 12, n.8, p. 215 – 226, 2017.
- PINO, A. O biológico e o cultural nos processos cognitivos. In: Encontro sobre Teoria e Pesquisa em Ensino de Ciências: linguagem, cultura e cognição; reflexões para o ensino de ciências, 1997, *Anais do...* Belo Horizonte – MG, 05 a 07 de março de 1997, p. 05-24.
- _____. O biológico e o cultural nos processos cognitivos. In: MORTIMER, E. F.; SMOLKA, A. L. B. (Orgs.). *Linguagem, cultura e cognição: reflexões para o ensino e a sala de aula*. Belo Horizonte: Autêntica, 2001.
- _____. *As marcas do humano: as origens da constituição cultural da criança na perspectiva de Lev S. Vigotski*. São Paulo: Cortez, 2005.
- PRAIA, J.; CACHAPUZ, A.; GIL-PÉREZ, D. A hipótese e a experiência científica em educação em ciência: contributos para uma reorientação epistemológica. *Ciência & Educação (Bauru)*, 8(2), 253-262, 2002
- PRESTES, Z. R. *Quando não é quase a mesma coisa: análise de traduções de Lev Semionovitch Vigotski no Brasil repercussões no campo educacional*. 2010. 295 f. Tese (Doutorado) - Curso de Educação, UnB - Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

QUADROS, A. L. As interações discursivas em aulas de Química da Educação Básica: como professores em formação delas se apropriam. In: SANTOS, B. F.; SÁ, L. P. (Orgs.). *Linguagem e Ensino de Ciências: ensaios e investigações*. Ijuí: Ediotra Unijuí, p. 1-15, 2014.

_____.; LOBATO, A. C.; BUCCINI, D. M.; LELIS, I. S. S.; FREITAS, M. L.; CARMO, N. H. S. A construção de significados em Química: a interpretação de experimentos por meio do uso de discurso dialógico. *Química Nova na Escola*, v. 37, p. 204-213, 2015.

ROCHA, J. R. C.; CAVICCHOLI, A. Uma abordagem alternativa para o aprendizado dos conceitos de átomo, molécula, elemento químico, substância simples e substância composta, nos ensino fundamental e médio. *Química Nova na Escola*, n. 21, p. 29-33, 2005.

ROSA, M. I. F. P. dos S. *Investigação e Ensino* articulações e possibilidades na formação de professores de ciências. Ijuí: Ed. Unijuí, 2004.

SÁ, C. S. da S., SANTOS, W. L. P. Motivação para a carreira docente e construção de identidades: o papel dos pesquisadores em ensino de Química. *Química Nova*, vol. 39, nº 1, 104-111, 2016.

SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. S. (Coords.). *Química cidadã*. São Paulo: Nova Geração, 2008.

_____.; PORTO, A. P. A pesquisa em ensino de química como área estratégica para o desenvolvimento da química. *Química Nova*, Vol. 36, No. 10, 1570-1576, 2013.

_____.; SCHNETZLER, R. P. *Educação em Química: compromisso com a cidadania*. 3ª ed. Ijuí: Unijuí, 2010. 144p.

SCHNETZLER, R. P. A pesquisa no ensino de química e a importância da Química Nova na Escola. *Química Nova na Escola*. nº 20, p. 49-54, 2004.

_____. A pesquisa no ensino de química no Brasil: conquistas e perspectivas. *Química Nova na Escola*. Supl. 1, p. 14-24, 2002.

_____. Alternativas didáticas para a formação docente em Química. In: CUNHA, A. M. de O. (Orgs). *Convergências e tensões no campo da formação e do trabalho docente*. Belo Horizonte: Autêntica, p. 149 – 166. 2010.

_____. Apontamentos sobre a História do Ensino de Química no Brasil. *Ensino de Química em foco*. SANTOS, W. e MALDANER, O. A. (Orgs). Ijuí. Editora Unijuí, 2010, p.51-75.

_____. Educação Química no Brasil: 25 anos de Eneq – Encontro Nacional de Ensino de Química. In: ROSA, M. I. P.; Rossi, A. V. (Orgs.) *Educação Química no Brasil: memórias, políticas e tendências*. Campinas: Editora Átomo, 2008, p. 17- 38.

_____. Minhas trilhas de aprendizagem como educadora química. In: CACHAPUZ, A. F.; CARVALHO, M. P. de; GIL-PÉREZ, D. (Orgs.). *O ensino de ciências como compromisso científico e social: os caminhos que percorremos*. São Paulo: Cortez: 2012a, p. 91-112.

_____. O professor de ciências: problemas e tendências de sua formação. In: SCHNETZLER, R. P; ARAGÃO, R. M. R. de. *Ensino de Ciências: fundamentos e abordagens*. Piracicaba, CAPES/PROIN/UNIMEP, 2000, p. 12 – 41.

_____. SILVA, L. H. A.; ANTUNES-SOUZA, T. Mediações pedagógicas na interpretação de experimentações investigativas: uma estratégia didática para a formação docente em química. *Inter-Ação*, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 585-604, set./dez. 2016.

_____. Trilhas e projeções da pesquisa em ensino de Química no Brasil. In: MÓL, G. de S. (Org.). *Ensino de Química: visões e reflexões*. Ijuí: Ed. Unijuí, 2012. p. 65 – 84.

_____.; ARAGÃO, R. M. R. Importância, sentido e contribuições de pesquisas para o ensino de Química. *Revista Química Nova na Escola*, nº 1, maio, 1995, p. 27-31.

_____.; NIEVES, K.; CAMPOS, T. C. Tendências do ensino de Química na formação e atuação docentes. In: VI Encontro Nacional de Pesquisadores em Ensino de Ciências. *Atas do VI ENPEC*, Belo Horizonte (MG): Associação Brasileira de Pesquisadores em Ensino de Ciências, 2007.

SCHROEDER, E.; FERRARI, N.; MAESTRELLI, S. R. P. A construção dos conceitos científicos em aulas de ciências: contribuições da teoria histórico-cultural do desenvolvimento. In: Enpec: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2009, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis, 2009.

SHULMAN, L. Those who understand: the knowledge growths in teaching. *Educational Researcher*, vol. 15, n. 2, p. 4-14, 1986

SILVA, C. S.; BARBOSA, L. S.; PIRES, D. A. T. A Falta de professores licenciados em química na educação básica na microrregião do entorno do Distrito Federal e a perspectiva do IFG para solucionar tal problema. *Observatório em Debate*, n. 2, p. 50-67, 2015.

SILVA, J. G.; GIORDAN, M. Qual é o papel da linguagem no ensino de ciências? In: SANTOS, B. F.; SÁ, L. P. (Orgs.). *Linguagem e ensino de ciências: ensaios e investigações*. 1ed. Ijuí/RS: Unijuí, p. 11-35, 2014.

SILVA, L. de A.; ZANON, L. B. A experimentação no ensino de Ciências. In: SCHNETZLER, R. P; ARAGÃO, R. M. R. de (orgs.). *Ensino de Ciências: fundamentos e abordagens*. Campinas: R. Vieira Gráfica e Editora Ltda., p. 120 – 153, 2000.

SILVA, L. H. A. *Modos de mediação de um formador de área científica específica na constituição docente de futuros professores de Ciências/Biologia*. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Educação. UNIMEP, 2004.

_____. A perspectiva histórico-cultural do desenvolvimento humano: ideias para estudo e investigação do desenvolvimento dos processos cognitivos em ciências. In: GÜLLICH, R. I. da C. (Org.). *Didática das Ciências*. 1a.ed. Curitiba/PR: Prismas, p. 11-32, 2013.

SILVA, N.S. e AGUIAR JR., O. G. O uso dos conceitos de elemento e substância por estudantes do ensino fundamental: uma perspectiva de análise sociocultural. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 8, n. 3, p. 1-17, 2008.

SILVA, R. M. G. *Constituição de professores universitários de disciplinas sobre ensino de Química*. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Educação. UNIMEP, 2003.

SILVA, R. R. de; MACHADO, P. F. L.; TUNES, E. Experimentar sem medo de errar. In: SANTOS, W. e MALDANER, O. A. (Orgs). *Ensino de Química em foco*. Ijuí. Editora Unijuí, 2010, p.231 - 1.

SILVEIRA JÚNIOR, C.; MACHADO, A. H. A linguagem e o outro no processo de compreensão de conteúdos conceituais químicos. In: XVIII Encontro Nacional De Ensino De Química, 2016, Florianópolis. *Anais...* p. 1-12 , 2016.

SMOLKA, A. L. B. Ensinar e significar: as relações de ensino em questão ou das outras (não) coincidências nas relações de ensino. In: NOGUEIRA, A. L. H.; SMOLKA, A. L. B. (Orgs.). *Questões de desenvolvimento humano: práticas e sentidos*. Campinas: Mercado de Letras, 2010, p. 107 – 129.

SOARES, M. H. F. B.; MESQUITA, N. A. da S.; REZENDE, D. de B. O ensino de química e os 40 anos da SBQ: o desafio do crescimento e os novos horizontes. *Quim. Nova*, Vol. 40, nº. 6, 656-662, 2017.

SOUZA, F. L. de; AKAHOSHI, L. H.; MARCONDES, M. E. R.; CARMO, M. P. do. *Atividades experimentais investigativas no ensino de química*. São Paulo: Centro Paula Souza - Setec/MEC, 2013.

SOUZA, J. B. R.; BRASIL, M. A. J. S.; NAKADAKI, V. E. P. Desvalorização docente no contexto brasileiro: entre políticas e dilemas sociais. *Ensaio Pedagógico* (Sorocaba), vol.1, n.2, mai./ago. p.59-65, 2017.

TABER, K. Exploring the language(s) of chemistry education. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 2015, 16, 193 – 197.

_____. Learning at the Symbolic Level. GILBERT, J. K.; TREAGUST, D. (Editors). *Multiple representations in Chemical Education: models and modeling in science education*. Springer Science+Business, p. 75 – 108, 2009.

_____. Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 2013, 14, 156 -168.

TUNES, E.; TACCA, M. C. V. R.; BARTHOLO JÚNIOR, R dos S. O professor e o ato de ensinar. *Cadernos de Pesquisa*, v. 35, n. 126, p. 689-698, set./dez. 2005.

VIGOTSKI, L. S. (1929). Manuscrito de 1929. *Educação & Sociedade*, 21(71), p. 21–44, 2000.

_____. (1931) *Obras escogidas I: el significado histórico de la crisis de la psicología*. Machado Grupo de distribución: Madrid, 2013.

_____. (1931) *Obras escogidas II: problemas de psicología general*. Madrid: Visor, 1993.

_____. (1934) *Obras escogidas II: pensamiento y lenguaje, conferencias sobre psicología*. Machado Grupo de distribución: Madrid, 2014.

_____. (1934) *Obras escogidas III: problemas del desarrollo de la psique*. Madrid: Visor, 1995.

_____. *A construção do pensamento e da linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 2000. Tradução de Paulo Bezerra.

_____. Aprendizagem e desenvolvimento intelectual na idade escolar. In: VIGOTSKI, L. S.; LURIA, A. R.; LEONTIEV, A. N. *Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem*. São Paulo: Ícone: Editora da Universidade de São Paulo, 1988. p. 103 – 117.

_____.; LURIA, A. R. *Estudos sobre a história do comportamento*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

WARTHA, E. J.; ALVES, L. C.; SÁ, L. P.; SANJUAN, M. E. C.; SANTOS, C. V. dos. Uma proposta didática para a elaboração do pensamento químico sobre elemento químico, átomos, moléculas e substâncias. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 5, n. 1, p. 7-20, 2010.

_____.; REZENDE, D. B. Os níveis de representação no ensino de química e as categorias da semiótica de Peirce. *Investigações em Ensino de Ciências*, 16 (2), p. 275-290, 2011.

WENZEL, J. A.; MALDANER, O. A. A significação conceitual pela escrita e reescrita orientada em aulas de Química. *Química Nova*, Vol. 37, No. 5, 908-914, 2014.

_____. *A significação conceitual em química em processo orientado de escrita e reescrita e a ressignificação da prática pedagógica*. 230 f. Tese (doutorado) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (Campus Ijuí e Santa Rosa). Educação nas Ciências, 2013.

YOUNG, M. Para que servem as escolas? *Educação e Sociedade*, Campinas, v. 28, n. 101, p. 1287-1302, set./dez. 2007.

ZANELLA, A V.; REIS, A. C. dos; TITON, A. P.; URNAU, L. C.; DASSOLER, T. R. Questões de método em textos de Vygotski: contribuições à pesquisa em psicologia. *Psicologia e Sociedade*, v. 19, p. 25-33, 2007.

_____. Sobre 'como inventar um método?' e algumas de suas armadilhas. *PolisePsique*, v. 4, p. 173-187, 2014.

ZEICHNER, K. M. O professor como prático reflexivo. In: Zeichner, K. M. *A formação reflexiva de professores: idéias e práticas*. Lisboa: Educa, 1993. p. 13-28.

Anexos



Comitê de Ética em Pesquisa
CEP-UNIMEP

Certificado

Certificamos que o projeto de pesquisa intitulado “**(Re)elaborações de concepções sobre docência, experimentação e ciência na formação inicial de professores de Química**”, sob o protocolo **nº 115/2016**, do pesquisador **Prof. Thiago Antunes Souza** esta de acordo com a Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde/MS, de 12/12/2012, tendo sido aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa – UNIMEP.

We certify that the research project with title “**Elaborations of conceptions about teaching, experimentation and science in the initial training of chemistry teachers**”, protocol **nº 115/2016**, by Researcher **Prof. Thiago Antunes Souza** is in agreement with the Resolution 466/12 from Conselho Nacional de Saúde/MS and was approved by the Ethical Committee in Research at the Methodist University of Piracicaba – UNIMEP.

Piracicaba, 29 de setembro de 2015


Profª. Dra. Daniela Falcões Bertelli Merino
Coordenadora CEP - UNIMEP