UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE EDUCAÇÃO

AROLDO NASCIMENTO SILVA

**A Experiência no Tempo, nas Epistemologias do Sul e na Docência:
reflexões sobre a História da Ciência no Ensino de Química**

São Paulo
2018

AROLDO NASCIMENTO SILVA

**A Experiência no Tempo, nas Epistemologias do Sul e na Docência:
reflexões sobre a História da Ciência no Ensino de Química
(VERSÃO CORRIGIDA)**

Tese apresentada à Faculdade de
Educação da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de Doutor
em Educação.

Área de Concentração: Ensino de
Ciências e Matemática

Orientadora: Profa. Dra. Ermelinda
Moutinho Pataca

São Paulo

2018

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Catálogo na Publicação

Serviço de Biblioteca e Documentação

Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo

375.22(09) Silva, Aroldo Nascimento

S586e A experiência no tempo, nas epistemologias do sul e na docência: reflexões sobre a história da ciência no ensino de química / Aroldo Nascimento Silva; orientação Ermelinda Moutinho Pataca. São Paulo: s.n., 2018.

161 p.; anexos

Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Educação. Área de Concentração: Ensino de Ciências e Matemática) - - Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.

1. Experiência 2. Formação de professor 3. Química (Ensino) 4. História da Ciência 5. Química (História) I. Pataca, Ermelinda Moutinho, orient.

Elaborado por Nicolly Leite – CRB-8/8204

Nome: SILVA, Aroldo Nascimento

Título: A Experiência no Tempo, nas Epistemologias do Sul e na Docência: reflexões sobre a História da Ciência no Ensino de Química

Tese apresentada à Faculdade de Educação da
Universidade de São Paulo para obtenção do título de
Doutor em Educação.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

AGRADECIMENTOS

A escrita deste trabalho resulta da soma de diversos pensamentos. Reconheço aqui toda generosidade e compreensão que encontrei por estes caminhos difíceis e ao mesmo tempo, de intenso aprendizado. Toda minha gratidão:

À minha esposa, companheira e amiga Fabiana Campacci Fríschio pelo carinho, pela paciência, por ouvir, debater as ideias desta pesquisa e por compartilhar seu conhecimento.

À minha orientadora, Ermelinda Moutinho Pataca, que com sua paciência, apoio, diálogo e conhecimento, me apresentou a um universo belo, até então desconhecido, que de forma singela se materializa neste trabalho.

Aos professores Thomás Haddad e Márcia Alvim, pelos apontamentos e contribuições realizados no exame de qualificação.

Aos integrantes do grupo de pesquisa que tanto colaboraram para o desenvolvimento deste trabalho. Meu agradecimento especial ao Roni, Rômulo, Vinícius, Daniela, David, Nira, Rodrigo, Tatiana, Gabriela e Luna.

À Luciana Sedano, que mesmo distante em função dos caminhos da vida, esteve sempre disponível para ouvir e colocar o seu pensamento.

Ao querido Fernando Grecco que, além de revisar o texto, sempre esteve próximo para dar força e contribuir com ideias. Todo meu carinho, respeito e admiração.

Ao querido José Antônio Palomares que, com carinho e sabedoria, sempre apoiou esta travessia.

À minha família. À minha mãe Maria, sempre cuidadosa e pronta para ajudar na arrumação da casa, para que o tempo fosse dedicado ao estudo. Ao meu pai

Pedro pelo exemplo de luta e perseverança perante as dificuldades da vida. Aos meus irmãos Ailton, Adriano e Adilson, por estarem sempre próximos. A minha querida sogra Antônia, por ser uma pessoa verdadeira e única, que sempre pediu a Deus que nos protegesse.

Ao meu querido Adão que, mesmo longe, sempre se preocupou em trazer sua atenção, palavras de carinho e força.

À minha querida avó, que sempre trouxe luz e ternura, mesmo quando partiu.

*A experiência é o lugar onde tocamos
os limites de nossa linguagem.*

Giorgio Agamben

RESUMO

SILVA, A. N. **A Experiência no Tempo, nas Epistemologias do Sul e na Docência: reflexões sobre a História da Ciência no Ensino de Química.** 2018. 157 p. Tese de Doutorado – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

Esta pesquisa, reflete sobre a História e Filosofia da Ciência no ensino de química. A aproximação entre estas duas áreas do conhecimento se dá a partir do acesso à palavra experiência, em sua multiplicidade de sentidos. Apoiei-me nas ideias do filósofo Jorge Larrosa, quando diz que em nosso dia a dia muitas coisas se passam, mas poucas nos tocam, nos atravessam, ou seja, poucas se tornam de fato experiência. Em um movimento de espiral, na busca por novos sentidos e significados, lançamos a palavra experiência em outros universos, a saber: Tempo, Epistemologias do Sul e Docência. Na perspectiva do sociólogo Norbert Elias, apresentamos a construção simbólica do tempo e discutimos como nossas experiências dependem da forma como os acontecimentos se desenvolvem no âmbito da relação espaço-tempo. O acesso à experiência atrelada ao tempo traz à tona questões como: o empobrecimento da experiência impactado pelo controle mais efetivo do tempo, característica marcante da modernidade; a perspectiva do tempo, que se modifica na passagem da alquimia para a química; e as diferentes camadas de significados que a palavra experiência assume ao longo do tempo, levamos em conta para este último aspecto os trabalhos de Daston, Lunbeck e Pomata. De modo a (re)pensar os limites teóricos e sociológicos da ciência moderna, por meio de uma abordagem social, política e econômica, dialogamos com o sociólogo Boaventura de Sousa Santos e sua definição das Epistemologias do Sul. Trata-se de um exercício epistêmico, que busca validar os saberes que estão fora do eixo central europeu e que ficaram historicamente marginalizados. Por fim, ao se pensar na experiência atrelada à docência, discutimos o processo formativo do professor de química em uma perspectiva teórica e prática, no qual articulamos a nossa concepção de ensino com as discussões do filósofo Jacques Rancière e sua educação pensada a partir da igualdade das inteligências. E compartilhamos duas experiências que aproximaram a História e Filosofia da Ciência e o Ensino de Química. A primeira foi a colaboração nas discussões de estruturação de um roteiro de estudos para um curso de graduação à distância. E a segunda, voltada para o ensino médio, foi uma sequência de ensino envolvendo a temática do Equilíbrio Químico a partir do trabalho do cientista alemão Fritz Haber, na síntese da amônia e em sua participação no programa de armas químicas durante a Primeira Guerra Mundial.

Palavras-chave: Experiência. Formação de Professor. Ensino de Química. História da Ciência. História da Química.

ABSTRACT

SILVA, A. N. A **Experience in Time, Southern Epistemologies and Teaching: reflections on the History of Science in Teaching Chemistry**. 2018. 157 p. Tese de Doutorado – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

This research reflects on History and Philosophy of Science in the teaching of chemistry. The meeting of these fields of knowledge comes through the word “experience” in its multiple meanings. I started with the ideas of philosopher Jorge Larrosa, who says that in our day to day many things happen, but few touch us, go through us, that is, few actually become experience. In a spiral movement, in the search for new meanings, we launch the word experience in other universes, namely: Time, Epistemologies of the South and Teaching. From the perspective of sociologist Norbert Elias, we present the symbolic construction of time and discuss how our experience depends on how events unfold within the space-time relationship. Access to time-related experience raises questions such as: the impoverishment of experience impacted by the most effective control of time, a striking feature of modernity; the perspective of time, which changes in the passage from alchemy to chemistry; and the different layers of meanings that the word experience assumes over time. For the latter aspect, we take into account the works of Daston, Lunbeck and Pomata. In order to (re)think the theoretical and sociological limits of modern science, through a social, political and economic approach, we dialogue with sociologist Boaventura de Sousa Santos and his definition of the Epistemologies of the South. It is an epistemic exercise, which seeks to validate the knowledges that are outside the hegemonic European axis and which has been historically marginalized. Finally, when thinking about the experience linked to teaching, we discuss the formative process of the Chemistry teacher in a theoretical and practical perspective, in which we articulate our idea of teaching with the work of philosopher Jacques Rancière and his education based on equality of the intelligences. And we share two experiences that brought together History and Philosophy of Science and the teaching of Chemistry. The first was the collaboration in the discussions for the structuring of a study roadmap for a distance-learning course. And the second, aimed at high school, was a teaching sequence involving the theme of Chemical Equilibrium from the work of German scientist Fritz Haber, the synthesis of ammonia and its participation in the program of chemical weapons during World War I.

Keywords: Experience. Teacher's training. Teaching of Chemistry. History of Science. History of Chemistry.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
OBJETIVOS.....	12
Objetivo Geral.....	12
Objetivos Específicos	13
CAPÍTULO 1. TRAJETÓRIA.....	24
1.1. A Constituição do sujeito	24
1.2. A travessia pela universidade e pela atividade docente na escola	27
1.3. Os terremotos que abalam nossas crenças	30
1.4. Caminhos da pesquisa	34
CAPÍTULO 2. EXPERIÊNCIA NO TEMPO.....	43
2.1. Das origens.....	43
2.2. A observação e a experiência ao longo do tempo	53
2.3. Alguns aspectos que afetam a experiência.....	58
CAPÍTULO 3. EXPERIÊNCIA NAS EPISTEMOLOGIAS DO SUL	67
3.1. A Construção de uma epistemologia que considere a experiência do sujeito	67
3.3. Experiências coloniais.....	74
3.4. Dimensões teóricas e sociológicas da crise do paradigma vigente.....	81
CAPÍTULO 4. EXPERIÊNCIA DOCENTE	93
4.1. Reconstruir e esvaziar-se como movimento de formação	93
4.2. História e Filosofia da Ciência e sua articulação com aspectos do conhecimento químico – O olhar sobre duas experiências	101
4.2.1. O papel colaborativo na estruturação de uma disciplina.....	102
4.2.2. Elaboração de uma sequência didática na Educação Básica.....	114
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	128
REFERÊNCIAS	132
ANEXO I.....	139
ANEXO II.....	158

INTRODUÇÃO

A Experiência no Tempo, nas Epistemologias do Sul e na Docência é o título desta tese de doutorado que, como manifesta o subtítulo, traz uma reflexão sobre a História e Filosofia da Ciência no Ensino de Química. A aproximação entre estas duas áreas do conhecimento se dá a partir do acesso à palavra experiência em sua multiplicidade de sentidos.

Por ser uma palavra polissêmica e, portanto, passível de muitas interpretações, partimos das reflexões do filósofo Jorge Larrosa (2017a, 2017b) quando ele afirma que em nosso dia a dia muitas coisas se passam, mas poucas nos tocam, nos atravessam, ou seja, se tornam de fato experiência. Esta é uma perspectiva subjetiva, singular para cada sujeito, e que nos colocou, no decorrer da investigação, diante das seguintes problemáticas: como realizar o acesso a este objeto, a **experiência**, pleno de significados, de modo que isto contemplasse um processo investigativo? E sendo este um tema já bastante abordado, o que esta pesquisa traria de diferente em relação à experiência?

Antes de apresentarmos a maneira como exploramos a experiência em sua multiplicidade de sentidos, destacamos que o grande diferencial desta pesquisa está na conexão do pensamento de Jorge Larrosa com alguns aspectos da História da Química e da Formação de Professores, na medida em que leva em conta a singularidade do sujeito/professor, muitas vezes negligenciada nos processos investigativos, e considera aspectos da sua formação atrelados à construção histórica do conhecimento. Além de trazer para a reflexão, considerações sobre a maneira como as visões de mundo e sociedade, podem determinar o lugar que cada ideia ocupa no desenvolvimento formativo do sujeito, contribuindo para esta discussão trouxemos o sociólogo e professor Boaventura de Souza Santos e o filósofo Jacques Rancière.

Apesar desta pesquisa ter surgido mais do desejo de um professor de química em conhecer a natureza do conhecimento que veicula em sala de aula do que de uma pergunta ou questionamento prévio, percebemos que o objeto - a experiência - seria um caminho, por um lado, para discutir como a ideia de experiência se modifica na química ao longo do tempo e por outro, para dar voz aos saberes produzidos em contextos não eurocêntricos que historicamente ficaram marginalizados por não se enquadrarem na matriz epistêmica da ciência

moderna. Ao problematizar estes aspectos, atrelada a minha própria experiência como professor de química, procuramos contemplar um diálogo em relação ao próprio processo formativo do professor, em sua dimensão teórica e prática.

Essa busca refletiu na maneira como a escrita da tese foi realizada. Pela própria natureza das ideias discutidas neste trabalho, me deparei com o seguinte impasse quando comecei a escrita: como escrever e falar sobre maneiras diferentes de pensar a formação e a relação com o conhecimento, utilizando de uma escrita cartesiana, linear e categorizada? Foi quando me vi caminhando de um assunto para outro sem muita pretensão de sequência e percebi que desta forma seria mais coerente com as ideias que queria discutir. Para tanto, convido o leitor a se despir momentaneamente de suas sinapses e conexões, no intuito de melhor aproveitar a leitura desta tese. Este exercício de escrita, esta experiência em palavras, como argumenta Larrosa na citação a seguir, é uma forma de refletir na maneira como a academia tem lidado com a leitura.

O acadêmico é aquele que lê por obrigação e, ao mesmo tempo, aquele que lê julgando o que lê, colocando-se a favor ou contra, mostrando seu acordo ou desacordo, dizendo sim ou não. O espaço acadêmico esqueceu a lentidão da leitura, a delicadeza da leitura, essa forma de tratar o texto como uma força que nos leva além de nós mesmos, além do que o texto diz, do que o texto pensa ou do que o texto sabe (LARROSA, 2003, p. 109).

Até aqui destacamos alguns aspectos que nos mobilizaram em relação ao desenvolvimento da pesquisa. Agora, iremos apresentar como realizamos o acesso ao objeto da investigação – a experiência – em sua multiplicidade de significados. Para isto, apresentamos a seguir os objetivos que mobilizaram o processo investigativo.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Contemplar uma reflexão sobre a importância da História e Filosofia da Ciência na constituição do conhecimento científico e sua articulação com o processo formativo do professor de química.

Objetivos Específicos

1. Relacionar a palavra experiência no âmbito do Tempo, sob as seguintes perspectivas: a primeira atrelada à forma como o maior controle do tempo, impacta sobre a maneira como o conhecimento é veiculado em nossa sociedade e também na escola; a segunda perspectiva aborda como a dimensão do tempo na química se modifica e está atrelada a um aumento da produtividade; por fim, acessar as diferentes camadas de significados que a palavra experiência assume ao longo do tempo, na ciência.
2. Contemplar uma discussão em torno dos limites teóricos e sociológicos da ciência moderna, por meio de uma abordagem social, política e econômica. Trata-se de um exercício epistêmico, que busca validar os saberes que historicamente ficaram marginalizados, como o saber do senso comum, das práticas científicas realizadas na América Latina e na Ásia e de outras culturas que padeceram das mazelas do patriarcado, do colonialismo e do capitalismo.
3. Investigar o processo formativo do professor de química sob uma perspectiva filosófica a respeito da relação entre professor e estudante e como se estabelece com isso, a relação com o conhecimento. Este processo trouxe à tona duas experiências que envolveram a aproximação entre História e Filosofia da Ciência e o ensino de química, em um exercício de reflexão sobre a ação, realizado pelo próprio professor e pesquisador.

No intuito de contemplar os objetivos acima, mobilizamos a ideia de experiência no âmbito dos universos do Tempo, das Epistemologias do Sul e da Docência. E por que atrelar a palavra experiência com estes universos? Esta pesquisa trata da formação do professor. Ela é histórica porque nela discutimos a importância da História e Filosofia da Ciência no processo de construção do conhecimento, assim como os contextos nos quais isso se dá. E pensar em história é pensar no tempo. Afinal, nossas experiências dependem da forma como os acontecimentos se desenvolvem no âmbito da relação espaço-tempo. Por outro lado, abordar a ciência em uma perspectiva histórica nos leva a (re)pensar aspectos epistemológicos deste construto humano em uma

perspectiva que dialoga com os aspectos social, político e econômico que interferem na atividade científica. Por fim, a experiência será analisada no âmbito da Docência, mas não apenas num sentido estrito, aquele das coisas ligadas aos saberes e conhecimentos necessários ao professor para o seu fazer em sala de aula, mas também no sentido do próprio processo de construção destes conhecimentos, sua relação com o tempo (história) e, sobretudo, com a individualidade deste sujeito em formação: o professor.

No intuito de contemplar os objetivos acima, a metodologia adotada para esta pesquisa, ainda que amparada nos referenciais teóricos adotados, não foi escolhida à priori, para o trabalho ser desenvolvido a partir dela. Ao buscarmos o sentido da palavra método, sua origem grega nos revela que trata-se de um conceito cujo significado é “caminho que se faz caminhando enquanto se caminha” (GHEDIN; FRANCO, 2008, p. 26), em outras palavras, de fato, só poderíamos então, revelá-la plenamente, ao final do processo. Ao encontro destas ideias dos autores, a metodologia foi se revelando junto à pesquisa, em função das necessidades que se apresentavam e das escolhas feitas em cada momento. Acredito que este movimento se deu pela própria natureza reflexiva da pesquisa, mas sobretudo pelas provocações realizadas, especialmente, pelos pensamentos de Larrosa (2017a, 2017b) a respeito da experiência.

Lidar com um objeto complexo e repleto de sentidos, nos colocou diante do seguinte desafio: como acessar a experiência sem ter a pretensão de categorizá-la e/ou conceituá-la? Como desenvolver um processo investigativo que ao mesmo tempo é objetivo, na medida em que está relacionado a um dado objeto de investigação, e também é subjetivo, na medida em que envolve o sujeito?

A resposta para estas questões passa pelo “reconhecimento do caráter dialético e dialógico da construção da realidade educativa, o que impõe a necessária superação da concepção dualista que historicamente pretendeu separar objeto e sujeito do conhecimento” (GHEDIN; FRANCO, 2008, p. 103). Nas palavras dos autores, a superação desta concepção permeia os seguintes aspectos:

[...] do entendimento de que o sujeito, ao produzir conhecimento, transforma e é transformado – processo em que elabora e organiza os sentidos, compreende e interpreta com base em matrizes conceituais

preestabelecidas – e que essa ação de produzir sentidos, de objetivar o objeto para interpretá-lo, também constitui a realidade a ser compreendida (GHEDIN; FRANCO, 2008, p 103).

No intuito de interpretar e dar sentido ao objeto que possui mais de um significado direcionamos a pesquisa, do ponto de vista metodológico, de modo a contemplar, por um lado, uma dimensão com caráter mais filosófico, na qual está situada a reflexão sistemática sobre ensino e história das ciências e, por outro lado, uma dimensão operativa, quer permite o acesso ao objeto de estudo, no caso, a experiência. Por isso, não trabalhamos com um período histórico delimitado, e sim, contemplamos um período de longa duração, para evidenciar como a experiência do homem em relação as práticas científicas, sobretudo à química, e a sua forma de se relacionar com a natureza, se modifica.

Acerca destas duas dimensões do método, os autores explicam:

[...] o método tem uma dimensão mais filosófica, de caráter epistemológico (como Filosofia da Ciência e Teoria do Conhecimento), na qual está situada a reflexão sistemática sobre o conhecimento e tomam corpo as correntes filosóficas e científicas que se debruçam sobre o problema metodológico. [O método] conta com uma dimensão operativa, instituída pelas práticas e ações que permitem o acesso da pesquisa e do pesquisador ao objeto de estudo (GHEDIN; FRANCO, 2008, p. 25-26).

Deste modo, ao contemplar a sua trajetória, sobretudo no âmbito de sua formação acadêmica e profissional, o pesquisador sistematiza episódios vivenciados, dialoga e fundamenta com diferentes autores, o que permite ressignificar suas experiências, em um movimento de espiral, o qual passa pelo sujeito, pelo professor e pelo conhecimento. Assim:

[...] organiza cientificamente todo o movimento reflexivo, do sujeito ao empírico e deste ao concreto, até a organização de novos conhecimentos, que permitam nova leitura/compreensão/interpretação do empírico inicial (GHEDIN; FRANCO, 2008, p. 107).

Este método, realizado no âmbito dos universos do Tempo, das Epistemologias do Sul e da Docência, é o que permite organizar e dotar de sentido a experiência em diferentes perspectivas. Do ponto de vista metodológico, trata-se de uma concepção reflexiva, na medida que:

A metodologia da pesquisa, na abordagem reflexiva, caracteriza-se fundamentalmente por ser a atitude crítica que organiza a dialética do processo investigativo; que orienta os recortes e as escolhas feitas pelo pesquisador; que direciona o foco e ilumina o cenário da realidade a ser estudada; que dá sentido às abordagens do pesquisador e as redireciona; que, enfim, organiza a síntese das intencionalidades da pesquisa (GHEDIN; FRANCO, 2008, p. 108).

Esse movimento reflexivo – do sujeito ao empírico e deste ao concreto – pautado na bibliografia escolhida é o que permitiu alcançar os objetivos propostos. A espiral que permeia o sujeito, o professor e o conhecimento se integra a esta metodologia e traz novos sentidos para a experiência. Como argumentam Ghedin e Franco (2008), este movimento de reflexão é o que permite acessar aquilo que se encontra implícito, como sugere a seguinte passagem:

Ver não é apenas perceber o objeto, mas fundamentalmente interpretá-lo. Essa dialética entre perceber e interpretar é o que potencializa o pensamento, a linguagem, a criatividade e a inteligência humana, lançando a pessoa na direção do conhecimento e facultando-lhe a permanência do conhecido como forma de iluminação daquilo que não podia ser visto (GHEDIN; FRANCO, 2008, p. 74).

Ao contemplarmos a **Experiência no Tempo**, a partir do sociólogo Norbert Elias (1998), temos condições de compreender como esse símbolo – o tempo – resulta do entendimento do Homem em relação a regularidade dos processos naturais e como o seu uso pauta a forma como nos organizamos socialmente. A partir do entendimento da relação do Homem com o tempo, temos condições de entender como a “falta de tempo” tem impactado a forma como o conhecimento é veiculado na escola, o que resulta, segundo Larrosa, em um empobrecimento da experiência. Essa discussão em torno da maneira como nos relacionamos com o tempo é direcionada para a química, no intuito de compreender como este símbolo se modifica. Ao realizarmos uma análise da historiografia em um período de longa duração – do século XV ao XX – a partir dos trabalhos de Rossi (2006), Bensaude-Vincent e Stengers (1996), Eddy, Mauskopf e Newman (2004, 2014), Alfonso-Goldfarb (2001) e Zaterka (2003, 2006, 2012) percebemos que a dimensão do tempo na química se modifica gradualmente, de uma perspectiva filosófica – de reproduzir por meio do laboratório aquilo que ocorre na natureza – para uma perspectiva mercadológica,

de acelerar os processos em busca de maior produtividade. Este aspecto, nos mobiliza a (re)pensar a forma como a dimensão do tempo é geralmente abordada no ensino de química. Por fim, o acesso a palavra experiência atrelada a prática científica a partir dos trabalhos de Daston, Lunbeck e Pomata (2011), mostra como a noção de experiência se modifica ao longo do tempo até chegar ao entendimento usual, de experiência atrelada a ideia de experimento.

Em relação à **Experiência nas Epistemologias do Sul** partimos dos trabalhos do sociólogo Boaventura de Sousa Santos (1989, 2009, 2010, 2011, 2016). A sua análise em torno dos limites teóricos e sociológicos da ciência moderna, permite uma discussão historiográfica em torno da natureza dos estudos realizados em contextos não eurocêntricos, sobretudo na América Latina. Ao mobilizarmos as experiências de diferentes historiadores da ciência, como Saldanã (2000), Figueirôa (1998, 2000) e Raj (2010), fazemos um exercício epistemológico de validação e reconhecimento das práticas científicas em diferentes contextos. Essa troca de lentes em relação à historiografia, revela a forma como o conhecimento tem sido abordado na escola. Essas experiências propiciam o desenvolvimento e/ou a ressignificação de práticas interdisciplinares no ensino de química, com enfoque na História das Ciências.

Por fim, o acesso a **Experiência Docente** é realizado por meio do compartilhamento de duas experiências que envolveram HFC e o ensino de química. A partir dos trabalhos de Larrosa (2017a, 2017b) e Rancière (2015) refletimos, por um lado, sobre os papéis exercidos pelo professor e pelo estudante em relação ao processo de aquisição do conhecimento e, por outro, apresentamos a partir de Garrido (2002) as questões que permeiam o desenvolvimento profissional docente e suas múltiplas dimensões, destacando que a formação docente enquanto continuum se constitui através da reflexão crítica sobre as práticas e da (re)construção permanente da identidade pessoal. Por conseguinte, essas práticas pedagógicas conferem à atuação docente, singularidade, uma vez que são delineadas por diferentes vivências, incertezas, reflexões e experiências.

Com relação à estrutura da tese, as ideias foram organizadas em quatro capítulos. No primeiro capítulo – **Trajetória** – parto do meu relato autobiográfico e o processo de constituição da minha identidade. A passagem pela

Universidade, o exercício da atividade como professor na educação básica e os caminhos que culminaram no desenvolvimento desta pesquisa.

No segundo capítulo - **Experiência no Tempo** - somos incitados a pensar no que é o tempo. Seria o tempo aquilo que os relógios marcam? E afinal de contas, do que resulta a nossa “falta de tempo”? Ao realizar uma análise em um período de longa duração, o sociólogo Norbert Elias (1998) mostra que este símbolo que nos orienta resulta de uma construção social, marcada por um longo processo de aprendizagem. Ao trazer a perspectiva do tempo para esta investigação pretendemos chamar a atenção para o fato de que o controle cada vez maior do tempo, ocorrido sobretudo após o advento da revolução industrial e do surgimento das novas tecnologias da informação, resultam em uma diminuição da relação espaço-tempo, ou seja, os acontecimentos e as informações a que estamos submetidos ocorrem de forma instantânea. E esta aceleração resulta em um empobrecimento de nossas experiências. No tempo acelerado em que vivemos hoje, os saberes constituídos culturalmente nos são entregues de forma superficial, sem espaço para a dúvida, para o questionamento e para a reflexão. Resgatar a possibilidade de uma experiência transformadora é, a meu ver, a principal função da atividade de ensino. E, neste sentido, acreditamos que a História da Ciência enquanto área de conhecimento pode contribuir de maneira significativa para alargar a noção de espaço-tempo, uma vez que privilegia o modo como o conhecimento é construído.

No terceiro capítulo - **Experiência nas Epistemologias do Sul** - a partir dos trabalhos de Boaventura de Sousa Santos. Como sugerido na **Trajetória**, mais especificamente no item **Os Terremotos que Abalam Nossas Crenças**, a forma como a ciência geralmente é tratada nos espaços formais de ensino, como única forma de conhecimento válida, cristaliza uma imagem dogmática da mesma, evidenciando seu caráter político, com viés colonizador, que impõe um modelo de racionalidade constituído a partir da revolução científica do século XVI e que foi desenvolvido nos séculos seguintes no domínio das ciências naturais (SANTOS, 2010). Segundo este modelo, é a ciência que irá nos dizer o que devemos comer, qual o medicamento mais adequado para o tratamento de uma enfermidade ou, até mesmo, qual o sistema econômico a ser adotado para possibilitar uma melhor equidade social e ambiental.

Conforme argumenta Boaventura, a maneira como a prática científica é veiculada em nossa sociedade carrega em si uma política de interesses questionáveis. Não se trata de negar os benefícios da ciência, mas refletir sobre os problemas vinculados a uma forma de cultura que se coloca de maneira hierárquica sobre outros conhecimentos, e que sob uma lente objetiva e neutra sem o ser de fato. Ao problematizar o corpo epistêmico da ciência, atrelamos a prática científica aos aspectos sociais, políticos e econômicos, revelando seus conflitos, avanços e retrocessos, o que possibilita dar voz a sua pluralidade interna.

A partir dos capítulos Experiência no Tempo e Experiência nas Epistemologias do Sul, teremos condições de estabelecer um diálogo paralelo com a Química. Diferentemente de uma ciência histórica - como é o caso da Geologia, da Antropologia, da Paleontologia e da Cosmologia - a Química, assim como a Física, são ciências tidas como experimentais. Ao se trabalhar em um laboratório, as condições experimentais são controladas e os resultados obtidos permitem que outros investigadores sejam capazes de realizar a mesma experiência em outro laboratório. Este controle dos processos e a possibilidade de uma repetição idêntica a posteriori é uma característica específica das ditas ciências experimentais. Sua reprodutibilidade por meio da experiência, ganha um valor importante nesta investigação por nos permitir indagar como, epistemologicamente, esta ciência afeta nossa experiência (FRODEMAN, 2001).

É importante perguntarmos de que maneira esta noção de experiência foi se modificando na ciência ao longo do tempo. Na historiografia, as palavras “experiência”, “experimental” e “experimentação” são utilizadas, em muitos momentos, com o mesmo sentido semântico. Por isto, iremos analisar em um período de longa duração - do século XV ao XVIII - como filósofos e historiadores, trataram o termo experiência, ou seja, como o sentido desta palavra foi se transformando ao longo do tempo até adquirir o sentido atual, de algo atrelado ao experimento.

Este diálogo entre a história da Química e a experiência será retomado no decorrer de cada um dos capítulos. Acreditamos que esta escolha seja interessante por tornar o texto menos fragmentado e evitar que esta parte histórica fique estanque e torne a leitura enfadonha.

O acesso às diferentes camadas de significados que a palavra experiência assume ao longo do tempo será realizado a partir dos trabalhos de Daston, Lunbeck e Pomata (2011), na obra *Histories of Scientific Observation*. Resultado de uma investigação que perdurou mais de duas décadas, as pesquisadoras questionam como se constitui, historicamente, a categoria observação em ciência. É interessante chamar atenção para os significados que as palavras carregam. O estudo mostra que por trás de uma palavra tão comum, como observação, há uma história reveladora dos ideais, de um conjunto de práticas e de uma forma de se comunicar.

Por fim, chegaremos ao quarto capítulo da tese, **Experiência Docente**. Não pretendemos observar as questões ligadas à palavra formação apenas no que diz respeito ao professor. Nossa intenção é discutir a formação em um âmbito mais amplo, que considere o sujeito como aquele que, ao refletir sobre si mesmo, se transforma. A formação, a partir da consciência de si, aquela consciência que Foucault (2006) denomina “cuidado de si”, e que implica numa atitude de relacionar-se consigo próprio, com os demais e com o mundo. Para Masschelein e Simons (2014) trata-se de uma atitude de atenção e que tem um efeito de transformação do eu.

Na Antiguidade, o cuidado de si foi uma preocupação ética permanente que superou a esfera pedagógica propriamente dita. Esse cuidado de si implica, em primeiro lugar e acima de tudo, uma determinada atitude: relacionar-se de certo modo consigo próprio, mas também com os demais e com o mundo. Além disso, esse cuidado de si tipifica-se como uma espécie de atenção. É uma atitude de atenção, de estar atento a si próprio, de concentração em si mesmo, nos próprios pensamentos e ações. Não consiste em saber quem se é (não se trata de nenhum conhecimento de capacidades, necessidades, desejos, pontos fortes e fracos), mas nas palavras de Sócrates, em “ocupar-se da alma”. E a alma aqui não é algo, não é uma substância ou uma coisa (uma espécie de eu profundo), mas o nome do eu que vive, pensa e age, o sujeito da existência (MASSCHELEIN; SIMONS 2014, p. 62-63, *grifo nosso*).

Consideramos esta perspectiva mais coerente com o caminho que foi construído no decorrer desta investigação. Restringir as discussões sobre formação apenas aos saberes necessários para uma prática docente nos distanciaria do percurso trilhado até aqui, aquele que mostra como as experiências históricas vivenciadas por cada um determinam nossa personalidade.

Neste capítulo da formação docente, ficará claro o diálogo com as abordagens sobre o tempo e a experiência, sobretudo no aspecto proposto por Larrosa (2017a). Trata-se da ideia de que os aparatos educacionais contribuem para que nada nos aconteça. Na medida em que passa cada vez mais tempo na escola, o sujeito, no caso, o professor, está em constante “formação” e atualização. Chamadas também de reciclagem, as atualizações transformam o tempo do professor em uma espécie de mercadoria, em uma corrida obsessiva contra o tempo para não “ficar para trás”. Exatamente por isto, o professor tem cada vez menos tempo para refletir sobre seu próprio processo de aprendizagem, para duvidar, para pensar sobre o conhecimento que nasce de seu relacionamento com o mundo e com os outros. Consequentemente, não há tempo para que a experiência de fato aconteça. O sujeito da experiência, segundo Larrosa, “seria algo como um território de passagem, algo como uma superfície sensível que aquilo que acontece afeta de algum modo, produz alguns afetos, inscreve algumas marcas” (2017a, p. 25). Imagino, como Larrosa, que o sujeito seja como um lugar de chegada, como um espaço do acontecer. E, aqui, aproveito para integrar as discussões dos outros dois capítulos, de modo que

Possamos ser assim transformados por tais experiências, de um dia para o outro ou no transcurso do tempo, pode ler-se outro componente fundamental da experiência: sua capacidade de formação ou de transformação. É experiência aquilo que “nos passa”, ou que nos toca, ou que nos acontece, e, ao nos passar, nos forma e nos transforma. Somente o sujeito da experiência está, portanto, aberto à sua própria transformação (LARROSA, 2017a, p. 28).

Como professor, sinto que a escola nos institucionaliza, nos "escolariza" e torna nossa ação pragmática demais. Ali, parece que o conhecimento “foi convertido em objeto dos saberes e das práticas [...] determinado, definido e classificado, convertido numa disciplina, numa matéria de estudo” (LARROSA, 2017a, p.133) é o mundo e a vida escolarizados.

Ao longo da realização desta investigação, percebemos, que a própria natureza dos assuntos trazidos, suscitava a ideia de emancipação. Não imaginava que este conceito ganharia contornos bem diferentes do que habitualmente estava acostumado a lidar. Acreditava, até então, que era de fato responsabilidade do educador auxiliar na emancipação dos estudantes, revelando-lhes a realidade dos fatos, para que cada um, consciente do seu

mundo, pudesse transformá-lo. No entanto, as leituras me mostraram que o significado atribuído a esta palavra varia de um autor para outro. Além disso, seria pretensioso da minha parte achar que sou responsável pela emancipação do outro. Será que, deste modo, eu não estaria simplesmente colonizando o indivíduo com minha visão de mundo? Para Jacques Rancière (2015), não ensinamos ou explicamos algo. Partindo das ideias de emancipação, Jan Masschelein e Maarten Simons explicam:

Emancipação não é se tornar consciente de uma exploração, alienação ou negligência que uma pessoa, de outra forma, não saberia. De acordo com Rancière, aqueles que se emancipam o fizeram, e o fazem, ao reivindicar e praticar uma forma de pensar, falar e de viver, que não foi ou não é “deles”, que não foi ou não é apropriada, que não corresponde ao seu nascimento, seu destino, sua natureza apropriada. O ato da emancipação é a decisão de falar e pensar a partir do pressuposto da igualdade das inteligências [...], é a saída da forma como se é designado para um lugar na ordem social, o ato através do qual se interrompe a configuração na qual se tem certa posição e se pode ver, falar e fazer algo [...], pelo ato, confirma-se o poder da igualdade, da não segregação. [...] O ato da emancipação é, portanto, também político, já que muda a dimensão estética da ordem social; ele reconfigura o território do dizível, pensável e possível. [...]. Confirma e demonstra a igualdade de uma capacidade: a inteligência como capacidade de falar e de pensar (MASSCHELEIN; SIMONS, 2014, p. 87-88).

Para concebermos as relações entre os envolvidos no processo de construção do conhecimento na escola, é necessário partir da ideia de não pautarmos o aprendizado em uma relação hierárquica. Por isso, entendo o espaço da sala de aula como a oportunidade de mexer no lugar e na posição de cada um, sendo a “emancipação não uma mudança em termos de conhecimento, mas em termos de posicionamento dos corpos” (MASSCHELEIN; SIMONS, 2014, p. 87).

É neste sentido, que pretendo entender a HFC como área de conhecimento e discutir suas potencialidades no âmbito da formação do sujeito, de modo que as experiências possam ser significativas e transformadoras, que com o conhecimento da história, a compreensão do tempo a que pertencemos e o olhar para as diversas formas de cultura, a nossa narrativa enquanto sujeitos históricos e, sobretudo como docentes, sejam reestabelecidas e possam ser geradora das nossas transformações no mundo.

Para contemplar estes aspectos, compartilhamos duas experiências que envolveram a aproximação entre História e Filosofia da Ciência e o ensino de química, em um exercício de reflexão sobre a ação. Uma delas foi a colaboração na escolha dos textos e nas discussões de um plano de aula para uma disciplina à distância de História e Filosofia da Química, realizada por minha orientadora, Ermelinda Pataca, junto a um grupo de alunos licenciandos em Química pela UNIVESP. E a outra foi uma sequência de ensino realizada com estudantes do terceiro ano do ensino médio, envolvendo a temática do Equilíbrio Químico a partir do trabalho do cientista alemão Fritz Haber, na síntese da amônia e em sua participação no programa de armas químicas durante a Primeira Guerra Mundial.

CAPÍTULO 1. TRAJETÓRIA

1.1. A Constituição do sujeito

E o senhor tirava os óculos e punha-os em Miguilim, com todo jeito. - Olha, agora! - Miguilim olhou. Nem não podia acreditar! Tudo era uma claridade, tudo novo e lindo e diferente, as coisas, as árvores, as caras das pessoas. Via os grãozinhos de areia, a pele da terra, as pedrinhas menores, as formiguinhas passeando no chão de uma distância. E tonteava. Aqui, ali, meu Deus, tanta coisa, tudo... (ROSA, 2001, p.149).

Início minha reflexão com este trecho da novela Campo Geral, extraído do livro Manuelzão e Miguilim, de Guimarães Rosa (1908-1967). Desde o primeiro contato com esta obra, ainda na adolescência, e após inúmeras travessias realizadas até aqui - a graduação em Química, o Mestrado em Ensino de Ciências e o exercício de minha atividade como professor na Educação Básica – trago comigo uma especial identificação com a obra deste autor. Hoje, imerso em uma realidade extremamente fluída em função do ritmo frenético e da grande velocidade com os quais realizamos nossas atividades cotidianas, revisito as páginas da estória do pequeno Miguilim, munido das novas “lentes” adquiridas ao longo do meu caminho, acesso os sentimentos que emergem da obra e compreendo os porquês de minha grande identificação com esta narrativa.

Miguilim morava com a família em Mutúm, um lugar distante, no meio dos Campos Gerais, no sertão mineiro.

Um certo Miguilim morava com sua mãe, seu pai e seus irmãos, longe, longe daqui, muito depois da Vereda-do-Frango-d'Água e de outras veredas sem nome ou pouco conhecidas, em ponto remoto, no Mutúm. No meio dos Campos Gerais, mas num covoão em trecho de matas, terra preta, pé de serra. Miguilim tinha oito anos. Quando completara sete, havia saído dali, pela primeira vez: o Tio Terêz levou-o a cavalo, à frente da sela, para ser crismado no Sucuriju, por onde o bispo passava. Da viagem, que durou dias, ele guardara aturdidinhas lembranças, embaraçadas em sua cabecinha. De uma, nunca pôde se esquecer: alguém, que já estivera no Mutúm, tinha dito: — "É um lugar bonito, entre morro e morro, com muita pedreira e muito mato, distante de qualquer parte; e lá chove sempre..." (ROSA, 2001, p.27).

O trecho narra um episódio importante da vida de Miguilim: a primeira vez que ele deixa a sua terra para ser batizado em um vilarejo distante. Dentre as lembranças embaraçadas da viagem, uma marca o menino: alguém, no caminho, dissera que o Mutúm era um lugar bonito. A mãe de Miguilim não

gostava de viver em um local tão remoto. Por isto, assim que retorna da viagem com o tio, Miguilin faz questão de dizer para mãe que o Mutúm era um lugar bonito.

Guimarães Rosa utiliza um recurso muito interessante e tocante: a narrativa em terceira pessoa feita através da perspectiva do menino, que conta ao leitor uma parte dos acontecimentos. Identificado com um mundo de sonhos e de magia, Miguilin vai se constituindo como sujeito em sua dolorosa passagem do mundo infantil para o adulto.

A situação econômica da família é precária. A casa onde moram, além de velha, ameaça desabar em dias de tempestade e a região é habitada por pequenos roceiros que vivem do trabalho braçal na terra. A narrativa aborda, de tempos em tempos, acontecimentos da vida de Miguilin que marcam sua passagem da infância para a idade adulta. A morte de Pingo-de-Ouro (a cadela), a fala do papagaio, a doação dos brinquedos, o “enterro” das coisas de seu irmão Dito, são metáforas utilizadas pelo autor para revelar tal passagem.

No conto intitulado o rito - citado na epígrafe - o que marca a grande transformação de Miguilin, são os óculos. Um doutor que volta a clinicar no interior mineiro examina o menino e percebe que há um problema: Miguilin é míope. Ao colocar os óculos do médico, o menino passa a enxergar as coisas como elas são. Os óculos simbolizam a travessia que ele faz do sertão ao mundo civilizado. É com este instrumento que o menino começa a enxergar o mundo real, como são as pessoas e o próprio Mutúm. O gesto simbólico de colocar os óculos encerra a possibilidade de modificar a realidade que o cerca, a fantasia cessa e é o momento de realizar a travessia do sertão para a cidade, ou seja, é a transformação que levará o menino à idade adulta.

O recurso da viagem utilizado pelo autor é um elemento marcante nesta narrativa. De início, Miguilin volta de uma viagem com o tio Terêz. Ao final, ocorre sua saída do Mutúm para a cidade, agora com outros olhos. E é no percurso entre as duas viagens, em meio às adversidades da vida, que se dá a constituição do sujeito.

Somos todos sujeitos históricos. Cada um de nós, independente da origem social, carrega consigo as marcas de uma passagem, uma travessia. Na infância, de modo geral, a família é a principal referência. A fase adulta é marcada por momentos de escolhas e decisões, as quais nem sempre estamos

maduros para fazer. E o meio em que vivemos é, no mais das vezes, determinante para a constituição de nossa subjetividade. Em uma entrevista concedida por Michel Foucault publicada em 1984, o autor afirma que a constituição do sujeito ocorre através de práticas de si. “Essas práticas não são – explica Foucault – alguma coisa que o próprio indivíduo invente. São esquemas que ele encontra em sua cultura e que lhe são propostos, sugeridos, impostos pela sua cultura, sua sociedade e seu grupo social” (FOUCAULT, 2006, p. 276).

Hoje, quando reflito sobre a minha prática docente, percebo como nossos esquemas, percepções e crenças se modificam em função da experiência acumulada e do convívio com o outro. Ao longo da licenciatura, sobretudo nas disciplinas ligadas à Pedagogia, desenvolvi especial interesse em buscar um ensino que despertasse o interesse dos estudantes, que fosse reflexivo e que não se pautasse na mera transmissão de conteúdo, de conhecimento. Lembro-me de um momento em particular, quando realizamos a íntegra da leitura de uma das obras de Paulo Freire, a Pedagogia do Oprimido. A obra, escrita em 1968 quando o autor estava exilado no Chile, me parecia, e ainda me parece, extremamente atual. Ela discute a necessidade de um ensino com caráter libertador que, por meio de uma educação problematizadora, baseada no questionamento da realidade e do indivíduo, rompa com a chamada “concepção bancária” de ensino.

Segundo esta concepção, o “saber” seria uma doação dos que se julgam sábios aos que julgam nada saber. É uma prática caracterizada pela “sonoridade” da palavra, onde a narrativa feita pelo educador leva os estudantes à memorização do conteúdo narrado. Esta prática, guarda em si interesses de dominação, na medida em busca reproduzir as relações preexistentes entre os indivíduos da sociedade. Nela o conhecimento não é utilizado como ferramenta de transformação social e a educação se torna um simples 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. Margem para serem colecionadores ou fichadores das coisas que arquivam. No fundo, porém, os grandes arquivados são os homens, nesta (na melhor das hipóteses) equivocada concepção “bancária” da educação.

Arquivados, porque, fora da busca, fora da práxis, os homens não podem ser. Educador e educandos se arquivam na medida em que, nesta destorcida visão da educação, não há criatividade, não há transformação, não há saber. Só existe saber na invenção, na reinvenção, na busca inquieta, impaciente, permanente, que os homens fazem no mundo, com o mundo e com os outros. Busca esperançosa também (FREIRE, 1987, p. 33).

Na educação problematizadora proposta por Paulo Freire, educador e educando integram um mesmo processo, por meio de uma relação dialógica, na qual ambos aprendem juntos. “A educação como prática da liberdade, [...] implica na negação do homem abstrato, isolado, solto, desligado do mundo, assim também na negação do mundo como uma realidade ausente dos homens” (FREIRE, 1987 p. 40).

Este percurso me mostrou como o espaço da sala de aula é sobretudo um espaço de ação política, em que não cabe usar os mesmos métodos e procedimentos antidialógicos de que se servem os “opressores”. Assim, fui conduzido ao Doutorado. Conduzido para uma pesquisa que irá acessar a palavra experiência em sua multiplicidade de sentidos: no Tempo, nas Epistemologias do Sul e na Docência, no intuito de refletir sobre a História da Ciência no Ensino de Química.

Penso que a travessia que realizei até aqui – a qual ainda terá muitos desdobramentos - é, de forma análoga, a mesma transformação tão bem trabalhada por Guimarães Rosa no livro *Manuelzão e Miguilim* citado anteriormente. Daí vem minha total identificação com a obra, pois que ela evidencia a importância de trocarmos nossas “lentes” se quisermos acessar novas camadas da realidade, se quisermos desconstruir ideias cristalizadas, e nos posicionarmos de forma crítica frente aos paradigmas estabelecidos, em um constante movimento de esvaziamento e reconstrução.

1.2. A travessia pela universidade e pela atividade docente na escola

Entre março de 2003 e junho de 2007, fiz a graduação em Licenciatura em Química pelo IQUSP, Instituto de Química da USP. Foi um período de aprendizado, de adversidades e descoberta de novos caminhos. A turma era formada por sessenta alunos, sendo que metade pertencia ao curso de Licenciatura e o restante era do curso de Bacharelado em Química Ambiental.

Fomos a primeira turma do período noturno, já que tradicionalmente o instituto só oferecia o curso no período integral. De certa maneira, a universidade não estava preparada para receber uma turma com perfil tão diversificado, com pessoas de diversas faixas etárias, umas com experiência na indústria, algumas já graduadas e outras recém ingressadas na universidade.

No início do curso recebemos a grade curricular, na qual cada disciplina tinha seu respectivo código e peso avaliativo (pré-requisito forte ou fraco)¹. Os conceitos eram, geralmente, tratados de forma cartesiana e dogmática. Não havia espaço para a reelaboração de ideias, dos locais e das práticas ligadas aos temas que eram apresentados. Zabala (1998) explica que este modelo, conhecido como ensino tradicional, tem como ponto de partida o seguinte esquema: comunicação da lição, estudo individual, repetição do conteúdo aprendido (fixação) sem discussão nem ajuda recíproca e avaliação.

Confesso que muitas vezes optei por trocar esta aula mais expositiva por uma noite na biblioteca, pois o professor, em geral, apenas reproduzia o que já estava escrito nos livros. Os experimentos tinham sempre um roteiro a ser seguido e os resultados esperados estavam todos disponíveis na literatura, o que transformava as atividades práticas em algo mecanizado e pouco desafiador. Durante todo o curso, poucos professores trouxeram para a sala de aula discussões a respeito da natureza da atividade científica, da importância do exercício da escrita para nos expressarmos melhor e do papel que a experimentação assumiu a partir do século XVII para acessarmos a chamada “verdade”, cuja busca, como afirma Santos (1989), é o objetivo do conhecimento e pode ser entendida como a representação do real.

Na medida em que cursava as disciplinas direcionadas para o ensino na Faculdade de Educação (FEUSP) e as disciplinas de Instrumentação para o Ensino de Química, no Instituto de Química, apesar de alguns professores se preocuparem com a articulação entre teoria e prática e até direcionarem as reflexões para situações da realidade docente e da sala de aula, entendi que estávamos, na verdade, lidando com dois cursos distintos: um voltado para

1 Uma disciplina com requisito forte exige aprovação com nota igual ou maior que 5,0 (cinco) para cursar as disciplinas seguintes. Caso o aluno seja reprovado e a disciplina seja classificada como requisito fraco, o aluno precisa ter no mínimo nota 3,0 (três) e frequência de 70% para cursar as disciplinas seguintes.

aquisição do conhecimento específico da matéria e outro vinculado à natureza deste conhecimento e sua articulação com o ensino. No decorrer dos estágios na área de ensino, tanto em instituições públicas quanto nas privadas, o contato com profissionais que já lecionavam contribuiu de forma marcante para uma melhor percepção dos diferentes aspectos que envolvem a atividade docente, sobretudo no que diz respeito à articulação de ciência e sociedade em seus diversos aspectos: sociais, ambientais e políticos. Muitos educadores percebiam a lacuna entre o contexto em que atuavam e o alcance daquele conhecimento estanque legado pela universidade. No entanto, nem todos sabiam ou conseguiam transpor essa dificuldade. De certa forma, era a mesma lacuna que eu sentia com relação aos estudos que realizei no curso de Licenciatura em Química. Mesmo reconhecendo eventuais tentativas de articulação das áreas por parte de alguns professores da universidade, muitas vezes, por razões que estiveram além da vontade deles - como estrutura e organização do ensino - não foi possível lograr uma efetiva integração entre as áreas.

O trabalho como educador em sala de aula deixou claro o papel fundamental que a estrutura e o contexto da escola exercem sobre as atividades do professor, na medida em que dialogam diretamente com os conhecimentos específicos e pedagógicos. Isso acabou me levando à pesquisa do Mestrado. Nele, investiguei como um professor, inserido em contextos escolares distintos, pode desenvolver sua prática de ensino tendo em vista os diferentes personagens envolvidos em um ambiente escolar - educador, educandos e demais membros da escola - e como isso modifica a sua forma de ensinar. Na conclusão da dissertação, aponto para a necessidade de o professor lançar mão de diferentes estratégias, desde a adaptação da linguagem utilizada, assim como mudanças no processo avaliativo, entre outras ações, levando sempre em consideração os aspectos sociais, as necessidades e os interesses do grupo para o qual leciona.

O currículo regular, que em muitas instituições de educação básica coloca o educador diante de uma situação de mero transmissor de conteúdo, desaponta, embrutece e acaba resultando em um ensino pragmático, que culmina com a manutenção da ordem estabelecida. O espaço para transformação do próprio educador em busca de um ensino libertador, deve resultar na formação científica e técnica dos educandos, mas também desvendar

a ideologia envolvida nas próprias expectativas dos estudantes. O medo de mudar, de ser um agente de transformação, em muitos casos, está intimamente vinculado ao medo de perder o emprego, de ser punido por esta escolha. Portanto, ao tentarmos fazer a transformação, temos que aprender também como fazê-la, e conhecer os limites dentro dos quais atuamos (FREIRE; SHOR. 1986).

Sou professor de química há mais de uma década. Compartilhar, nesta pesquisa, minhas experiências de formação é, de certa forma, dividir minhas experiências de vida, retornar para lugares e períodos que marcaram a construção de minha identidade profissional e que possibilitaram inúmeras reflexões acerca do meu desenvolvimento. Jorge Larrosa ilustra esta ideia:

[...] quando falo de minhas experiências, refiro-me a minha pessoa, à formação da minha personalidade, ao processo cultural-existencial, [...] e não posso negar que a história marcou em cheio com seu selo as experiências que marcaram minha personalidade (KERTÉSZ *apud* LARROSA, 2017a, p.48).

Nesta trajetória, percebi que os caminhos que percorremos na educação envolvem escolhas de vida, de natureza política, filosófica e histórica. Que as nossas experiências e percepções estão totalmente ligadas àquilo que o nosso contexto histórico-cultural nos permitiu viver e como viver. E percebi que, ao retomar minhas experiências de formação na graduação, no mestrado, na escola e, agora, no doutorado, resignifico também uma experiência que acontece desde o início do meu processo formativo. As reflexões e trocas que tenho feito até aqui me permitem olhar para tudo que já vivi e “chocar os ovos da experiência”, como metaforicamente explica a alegoria benjaminiana, quando sugere que ao entrarmos em contato com a história e com as pessoas e nos lançarmos na compreensão do nosso fazer e estar no mundo, recorremos ao nosso patrimônio vivencial e a nossa visão deste mundo, de modo a interpretarmos nossas experiências e torná-las transformadoras (BENJAMIN, 1994).

1.3. Os terremotos que abalam nossas crenças

A atividade docente proporciona desafios ímpares. Por mais que se planeje o curso, se reflita sobre a abordagem, sobre que viés será dado às

atividades de ensino, há sempre o sujeito do outro lado, também munido de seu aparato histórico-cultural, de sua visão de mundo que será parte integrante e ativa no processo de construção de novos saberes. Na medida em que traçamos uma ação na qual o estudante assume um maior protagonismo no processo de ensino-aprendizagem, temos uma dinâmica que resulta em questões inesperadas. Para o educador, com sua experiência, é fácil desviar o foco do questionamento feito pelo educando e retomar o trilho da chamada educação bancária na qual o estudante é visto como um mero repetidor de conteúdos. No entanto, a chance de tal questionamento ser realizado novamente em outra ocasião não é desprezível, dado que o sujeito que estuda ciências carrega consigo uma questão simples, porém difícil de debater: como a Ciência descobre as coisas? O educador pode simplesmente responder que o caminho utilizado pelos cientistas se pauta pelo método científico. É provável que depois de explicar a lógica de tal método, os estudantes se convençam e tentem aplicá-lo à outras situações que irão vivenciar nas disciplinas vinculadas ao estudo da natureza e dos corpos. Mas, e quanto a nós educadores? É fácil tentar visualizar e aplicar este método nos diferentes alicerces que sustentam o conhecimento da disciplina pela qual dedicamos anos? Confesso que tenho dificuldades em tal visualização. Há uma lacuna, algo que não foi discutido no decorrer de nossa formação acadêmica.

Este sentimento que trago desde a graduação e que hoje extravasa, vem da percepção de que faz-se necessário levar em consideração aspectos relacionados à História e Filosofia da Ciência (HFC) na formação dos educadores e educandos. Mas como realizar esta aproximação? Será que a inserção de uma disciplina no decorrer da graduação seria suficiente? E na escola, como realizar uma abordagem histórica? São questões que tem sido objeto de reflexão por parte de muitos pesquisadores, na tentativa de romper com a visão tradicional e dominante de ensino, aquela que não leva em conta a troca, o diálogo entre os sujeitos envolvidos no processo. Como argumenta Porto (2010), nas últimas décadas, as discussões acerca da inserção da História das Ciências (HC) nos currículos de ciência têm apontado caminhos na tentativa de romper com uma forma de ensino estanque, na qual o conhecimento científico é apresentado ao estudante como algo isolado, pronto e acabado, totalmente

desvinculado do contexto social, político e econômico do qual este mesmo conhecimento emergiu, com seus avanços, erros e conflitos.

Calcado na matriz positivista, esta forma de ensino cristaliza uma imagem de ciência que se difundiu na sociedade, como uma forma de conhecimento incontestável e infalível. Trata-se de uma visão tradicional, na qual a atividade científica atua de forma independente das relações sociais e considera o conhecimento científico seguro, objetivo e apolítico porque se baseia em evidências observacionais e experimentais (OKI; MORADILHO, 2008).

Um caso que ilustra este tipo de situação ocorreu na cidade de L'Alquila, na Itália, que foi atingida por uma série de terremotos em 2009. Os tremores geraram mais de trezentas mortes, mil e quinhentos feridos, cerca de sessenta e cinco mil desabrigados e a perda de grande parte do patrimônio histórico e artístico da cidade. Em 2012, quatro cientistas, dois engenheiros e um funcionário público haviam sido condenados por homicídio culposo, quando não há a intenção de matar, pelo fato de não terem previsto o terremoto que destruiu a cidade. O caso teve grande repercussão na mídia e dentre as reportagens que podem ser encontradas, destaco a da jornalista e escritora Eliane Brum (2012), que realiza uma discussão que não se esgota no exercício de informar o acontecimento em si, lançando questões pouco discutidas na mídia em geral, como a imagem de ciência presente na sociedade.

Os cidadãos, cientes da possibilidade de um terremoto de grandes proporções, permaneceram na cidade simplesmente por não duvidarem da Ciência, por crerem que os cientistas, munidos de seus conhecimentos, seriam capazes de afirmar sem nenhuma margem de erro, a ocorrência de um terremoto. O resultado foi uma catástrofe. Sobre esta fé no conhecimento científico Eliane Brum escreve:

Se no senso comum acredita-se que a Ciência pode tudo não é porque o cidadão, na Itália ou aqui, tirou isso da própria cabeça. Nosso cotidiano é povoado por pequenos confrontos com a arrogância exercida em nome da Ciência – hospitais e consultórios médicos são um dos exemplos mais triviais nos quais questionamentos têm grandes chances de serem mal recebidos. De tal forma nossa confiança na infalibilidade da Ciência é incorporada no dia a dia que, quando queremos provar ao nosso interlocutor a veracidade de nosso argumento, declaramos: “É científico” (BRUM, 2012).

Ao interpretar a Ciência como única forma de conhecimento válido, a partir de uma premissa religiosa, sem espaço para o contraponto, desconsidera-se a sua natureza, suas incertezas e suas escolhas que são sempre comprometidas com interesses particulares. Esta imagem da ciência não acontece por acaso. Em parte, os próprios cientistas estão implicados nessa interpretação equivocada, na ideia de que a ciência tudo pode. Tal visão está presente na sociedade e, por isto mesmo, se reflete na formação do educador, permeia a formação do educando e, conseqüentemente, acaba por realimentar o ideário da própria sociedade.

No entanto, sobretudo a partir da década de 1980, surge no contexto latino americano um número significativo de trabalhos que passam a questionar esta imagem de ciência, em uma clara tentativa de revelar a ideologia por trás desta “política de conhecimento”. (FIGUEIRÔA, 1998; SALDAÑA, 2000; POLANCO, 1986; LAFUENTE; ORTEGA, 1992; VESSURI, 1986; SANTOS, 1989). Calcada em uma matriz positivista, esta epistemologia de conhecimento emerge no século XVII, a partir da chamada Revolução Científica, e tem seu ápice no século XIX, traduzindo-se no que se convencionou chamar de Ciência Moderna. Esta forma de conhecimento irá se sobrepor a outros saberes.

A crítica que se faz a esta visão positivista da ciência está no entendimento do que, afinal de contas, vem a ser o próprio saber. Santos e Meneses (2010) colocam que o saber nada mais é do que conhecermos a nós próprios, conhecermos a sociedade, experimentarmos o mundo através de nossos sentidos. A ciência possibilita tal conhecimento. Por isto, quem domina o conhecimento científico tem condições de experimentar o mundo. Mas, e quando não se tem acesso à ciência? E quem não produz ciência? E quem está fora dos centros hegemônicos da produção científica? Estes não teriam acesso ao saber?

As respostas a estas questões elucidam mecanismos de dominação que servem aos interesses do patriarcado, do colonialismo e do capitalismo. Ao se submeterem a uma forma de conhecimento eurocêntrica, tida como universal, os países à margem deste centro de produção se colocam em uma condição de atraso, que nega seus próprios saberes e outros modelos de conhecimento (SANTOS, 2010).

Motivado por estas questões que, desde a conclusão do mestrado permeavam o meu cotidiano em sala de aula e, sobretudo pela minha concepção

de escola e educação, apresento esta pesquisa de doutorado que irá refletir sobre o ensino de ciências sob a perspectiva da História das Ciências, de modo a conceber este ensino para além de modelos e concepções que imprimam nele discursos de totalidade.

A aproximação entre o conhecimento histórico e o científico possibilita, dentre outros aspectos, rompermos com o paradigma positivista no qual a ciência e a cidadania têm se apoiado. Não tenho a intenção de elaborar modelos ou fórmulas padronizadas de ação. Quero, apenas, propor reflexões as quais, por vezes, exigirão um olhar distanciado da lógica em que vivemos. Um olhar que se apresente flexível e disponível para traçar outras perspectivas acerca do ensino de ciências. Sigo o caminho de minhas inquietações e busco um processo que possa provocar “terremotos” para não cairmos nas armadilhas de uma modernidade totalizadora, colonizadora. Esta tenderá sempre a embaçar os nossos “óculos”, para nos impedir de “chocar os ovos de nossas próprias experiências”, para não nos deixar ver e viver a realidade.

1.4. Caminhos da pesquisa

Caminante, son tus huellas
el camino y nada más;
Caminante, no hay camino,
se hace camino al andar.
Al andar se hace el camino,
y al volver la vista atrás
se ve la senda que nunca
se ha de volver a pisar.
Caminante no hay camino
sino estelas en la mar.

Antonio Machado

O exercício de escrever sobre si mesmo, trazendo aspectos de minhas trajetórias acadêmica e profissional, faz emergirem recordações e escolhas que no dia a dia ficam guardadas nas gavetas da memória. Não é algo fácil de se fazer, pelo simples fato revelar o que somos, de nos “ex-pormos”, no sentido proposto por Jorge Larrosa e que será explicado mais adiante. No decorrer do processo desta investigação, a atividade de leitura e escuta sempre estiveram presentes. Afinal, as disciplinas, as reuniões de grupo, as conversas com a

orientadora e os autores com os quais nos encontramos, forjam o caminho formativo e apontam para direções.

Ao tentar a escrita efetiva deste trabalho uma questão me incomodava: como falar de algo que ainda está em processo? Como descrever caminhos quando ainda os estou trilhando? Percebi que o exercício da escrita nos possibilita mostrar quem somos e também materializa nossos sentimentos e reflexões. Não sei, ao certo suas cores, seus aromas. Mal consigo vislumbrar suas curvas, vejo um mundo de obstáculos à frente e tenho muitas aspirações e alguma inspiração. Penso que os caminhos são oportunidades para dialogarmos com a nossa própria natureza, tão obscura, tão instável, tão inacabada, tão estranha a nós mesmos, enfim, tão humana. Os caminhos estão aí, à espera, disponíveis. Encontrá-los depende de uma decisão: a de realizar a travessia. Por esta razão escolhi a epígrafe acima, pois, como diz Antonio Machado, o caminho se faz caminhando. E assim, deixo para trás a angústia que me acompanhava no início desta escrita. Vamos juntos nos descobrindo, ao caminhar.

Como disse, a graduação, o mestrado e o meu percurso como professor revelaram muito do que sou, mas, sobretudo, muito do que ainda preciso e pretendo ser. Durante este período, tudo o que constituí como valor para nortear a caminhada foi, na sequência, colocado em questão. E assim como Miguilim, sinto que troquei de lentes muitas vezes. Hoje, ao visitar o projeto de pesquisa que elaborei para ingressar no programa de doutorado da Faculdade de Educação (FEUSP), percebo que, naquelas páginas, não havia um objeto claro e bem delimitado para desenvolver uma pesquisa científica. Havia, sim, uma carta de intenções, um desejo sincero de um professor de química em conhecer como esta ciência se constituiu ao longo da História.

E foi uma destas trocas de lentes que me trouxe ao foco a área da História e Filosofia da Ciência (HFC), e me fez questionar a natureza do conhecimento com o qual me relaciono em sala de aula, me fez querer descobrir suas origens, as personagens envolvidas, e como se deu historicamente a sua constituição como área do conhecimento humano.

Hoje, ao olhar para o percurso trilhado, vejo que esta pesquisa foi sendo gerada antes mesmo que eu tivesse consciência dela. Dei-me conta que estas reflexões já me acompanham há um bom tempo. Ao longo dos anos como professor nunca me satisfiz em buscar na literatura estratégias metodológicas

para desenvolver os conteúdos estabelecidos para o ensino médio. Era preciso procurar aspectos fundamentais que compõem a verdadeira natureza desta ciência. Era necessário desmistificar ideias amplamente difundidas, como por exemplo, de que a química se tornou uma ciência a partir do momento em que se libertou dos conhecimentos arcaicos e dos saberes ocultos dos alquimistas. Ou de que não se pode falar de química antes de Lavoisier, que, mediante o uso da balança, realizou uma série de descobertas decisivas e introduziu conceitos e modos de trabalho que são considerados, atualmente, os fundamentos da química (BENSAUDE-VICENT; STENGERS, 1996; BELMAR; SÁNCHEZ, 2006). Sobre o surgimento da química, Bensaude-Vicent e Stengers afirmam:

Disciplinas como a química e a física não existiram desde sempre, mas, pelo contrário, constituíram-se pouco a pouco, e com vários percalços ao longo da história. A química não tinha lugar nos antigos programas escolares. Em compensação, conseguiu um bom lugar, em meados do século XVIII, nas academias, nas universidades e junto ao público esclarecido. No século XIX aparece como uma ciência de ponta, a própria imagem do progresso. Como é que a química conquistou direito à cidadania? Como é que se tornou uma ciência (BENSAUDE-VICENT; STENGERS, 1996, p.7)?

Talvez o caminho mais fácil e corriqueiro para responder a estes questionamentos seja considerar que a Química se tornou uma ciência a partir de uma revolução. Mas quem foi o autor desta revolução? Stahl? Lavoisier? Os químicos pneumáticos? Há mais de dois séculos, os historiadores e os químicos se questionam sobre a natureza desta revolução e sobre o seu autor. O que fica evidente é que a busca por uma possível resposta exige adentrar em um debate sobre as origens desta ciência, refletir sobre o que a historiografia tem debatido e sobre os motivos pelos quais tais ideias são praticamente ausentes do processo de formação dos professores de química e, por consequência, também da sala de aula.

Ao pautar o ensino de Química como um conjunto de saberes estanques e fechados a serem transmitidos aos estudantes, torna-se pouco provável que o processo de ensino e aprendizagem promova uma reflexão acerca dos percalços que marcam a instituição da Química como ciência, de como sua linguagem, seus conceitos e métodos se tornaram um corpo único.

A proposta de uma forma de ensino mais reflexiva passa pela construção de interfaces entre a História e Filosofia da Ciência e o ensino de Química. Mas

como construir esta interface? Poderia tal perspectiva vir a ser objeto desta investigação? Segundo Bruno Belhoste os trabalhos realizados neste campo têm integrado de forma natural o ensino à HFC, “seja estudando a história de uma ciência, o desenvolvimento de uma teoria ou o trabalho de um determinado cientista” (2011, p. 49).

Os historiadores da ciência com frequência têm abordado o ensino como contexto ou como fonte de pesquisa. Sobre estas duas formas de abordagem, Bruno Belhoste explica:

No primeiro caso trata-se de uma ambientação que se monta para situar o que seria o verdadeiro objeto da história das ciências: os cientistas e suas descobertas, as ciências e seus resultados. Nessas circunstâncias, é raro que o contexto educacional seja mais do que um fator exterior de explicação. Em seguida, como fonte de pesquisa. O processo educacional produz documentos escritos: notas de aula, trabalhos de alunos, atas de reuniões, arquivos pessoais e, especialmente, livros impressos (BELHOSTE, 2011, p. 50).

As duas formas de abordagem são válidas. E apesar das transformações e pesquisas atuais e de a história das ciências não se interessar apenas pelas grandes descobertas, pelos cientistas que marcaram seu nome na história por seus feitos, pelos erros e impasses que eram estudados no intuito de desvelar os supostos obstáculos ao progresso científico, a situação ainda não é satisfatória, como argumenta Bruno Belhoste:

O ensino, como a divulgação, as aplicações técnicas e as práticas materiais, assim como em outro âmbito as ciências não ocidentais, permanecem como domínios secundários e inferiores, que interessam apenas moderadamente. Os estudos sociais e culturais atualmente em voga na história das ciências não alteram esse estado de espírito, na medida em que centram seus trabalhos sobre as representações – ideias, imagens, formas -, bem mais do que sobre as práticas sociais efetivas e sua institucionalização (BELHOSTE, 2011, p. 53).

Esta problemática reside na forma como se estabelece, do ponto de vista histórico, a relação entre a produção científica e sua reprodução no ensino. Ao se afirmar uma diferença de princípio entre a ciência dos cientistas e a ciência ensinada, há uma tendência em se abordar os dois objetos de forma isolada.

Enquanto os historiadores da ciência tendem a conceder à educação uma posição marginal, reduzindo-a seja a um elemento do contexto da descoberta, seja a um elemento derivado, os historiadores da

educação tenderam a subestimar a complexidade do processo social de constituição de um saber científico partilhado e instituído, tratando-o implicitamente como um dado uniforme e fixo, que a instituição escolar teria apenas de retrabalhar em função de suas finalidades (BELHOSTE, 2011, p. 58).

Desde a década de sessenta do século XX a história das ciências deixou de encarar o desenvolvimento científico simplesmente como a história linear e cumulativa da busca da verdade. A partir das ideias de difundidas por Thomas Kuhn, se procura na atualidade “mostrar como os conhecimentos produzidos localmente se tornam conhecimentos compartilhados, e descrever os recursos mobilizados pelos cientistas para fazer de um trabalho individual um bem comum” (BELHOSTE, 2011, p. 59).

Refletindo sobre o meu percurso ao longo do doutorado em paralelo com a atividade de ensino, percebi que já havia realizado algumas tentativas de integração entre a História e Filosofia da Ciência e o trabalho na sala de aula. Um exemplo disto foi a elaboração e aplicação de uma sequência didática envolvendo a HFC no ensino de química. O resultado deste trabalho foi publicado na revista Química Nova na Escola (SILVA, A.N.; PATACA, 2018). Na oportunidade, desenvolvemos uma sequência de ensino sobre Equilíbrio Químico a partir dos trabalhos do cientista alemão Fritz Haber na síntese da amônia e no programa de armas químicas durante a Primeira Guerra Mundial. Este trabalho, realizado com estudantes da 3ª série do ensino médio em uma escola da cidade de São Paulo (SP), promoveu reflexões acerca dos aspectos sociais, políticos e econômicos que interferem na prática científica. A abordagem histórica concentrou-se nos trabalhos realizados pelo químico alemão Fritz Haber, na busca por uma solução que aumentasse o rendimento da reação de síntese da amônia e de sua participação, no decorrer da Primeira Guerra Mundial, no desenvolvimento de armas químicas. No quarto capítulo, destinado à formação docente, esta experiência será abordada com mais detalhes.

Quando comecei este projeto, imaginava que um possível caminho de investigação envolveria uma pesquisa exatamente nesta interface entre a HFC e o ensino de química. Porém, ao me debruçar sobre a historiografia, descobri autores que discutiam as práticas científicas na América Latina. Até então, não ouvira falar sobre a existência de atividade científica em nosso passado histórico. Na atualidade, falar sobre a presença da tecnologia, sobre a atuação dos

pesquisadores brasileiros, suas áreas de pesquisa e nossas instituições científicas é algo natural. No entanto, pouco se ouve sobre a atividade científica desenvolvida em outros períodos de nossa história. Isto ocorre porque, tradicionalmente, os historiadores voltaram seu olhar para as atividades praticadas nos chamados grandes centros, sobretudo na Inglaterra, na França e na Alemanha, desconsiderando aquelas realizadas no Brasil desde o período colonial, como as viagens exploratórias, os registros sobre a cultura e as línguas indígenas, ou as observações astronômicas realizadas pelos jesuítas, entre outras (DANTES, 2005).

Pestre (1996) coloca a inflexão sofrida pela História das Ciências na década de 1980, iniciada na década de 1970 por um grupo formado por sociólogos, antropólogos, filósofos e historiadores, cujo núcleo de atuação foi essencialmente britânico. O objeto de investigação – no caso a Ciência – passou por uma revisão de suas práticas, na qual novas maneiras de abordá-lo surgiram, objetos diretamente recortados apareceram e novas questões emergiram. A intencionalidade de Pestre, fica evidente na seguinte passagem:

Meu desejo é o de fazer aparecer, por detrás da aparência de trivialidade ou de não pertinência, aqueles objetos escondidos que, no entanto, são essenciais para uma boa compreensão das práticas científicas, objetos dotados de uma historicidade que permite fortemente à disciplina não ficar fechada em si mesma e se ligar à História Cultural, à História Industrial ou à dos Instrumentos – em suma, objetos que permitem à História das ciências reintegrar o conjunto dos questionamentos históricos, sem nenhuma exceção (PESTRE, 1996, p. 23).

Essa nova historiografia não se volta apenas para saber como as proposições dos cientistas se tornam epistemologicamente verdadeiras, nem precisar como sua legitimidade é negociada pela comunidade científica, “mas descrever como os enunciados, através dos objetos e das práticas, se impõem na competição pela sobrevivência (social e cognitiva)” (PESTRE, 1996, p. 13). O trabalho do historiador envolve uma espécie de quebra-cabeças que dificilmente será concluído, mas que resulta em uma imagem passível de interpretação no presente. A análise histórica, a partir de determinadas fontes, busca compreender como certas variáveis provocaram mudanças no comportamento de um cientista ou de uma comunidade científica em um contexto cultural e período histórico específico.

Em relação à investigação, começamos a pensar na possibilidade de realizar uma investigação histórica envolvendo a Química e a circulação de um determinado saber para outras regiões. Por algum tempo estudamos a hipótese de analisar os manuais de química produzidos em Portugal e no Brasil entre 1755, quando se dá a Reforma da Universidade de Coimbra e 1822, quando da Independência do Brasil, no intuito de elucidar as práticas científicas, as mudanças de linguagem e de conceitos que passou a Química no período em questão.

Kuhn (2013), ao discutir as fontes de informação sobre a ciência, destaca três gêneros: os manuais científicos, os textos de divulgação e obras filosóficas. Independentemente das peculiaridades de cada um desses gêneros, todos apresentam em comum “um corpo já articulado de problemas, dados e teorias, e muito frequentemente um conjunto particular de paradigmas aceitos pela comunidade científica na época em que esses textos foram escritos” (p. 232).

Os manuais são veículos de difusão das ideias, de conceitos e da visão de ciência vigente no período em que foram produzidos. Desta forma, nossa hipótese é de que neste gênero de material seriam encontrados apontamentos fundamentais sobre a transitoriedade do conhecimento químico, de modo a evidenciar que a ciência não é estanque e que seu processo de produção e difusão é dinâmico.

Entretanto, após as considerações feitas pela banca de qualificação, optamos por desconsiderar a análise dos manuais, em função do pouco tempo para a exploração destas fontes, das dificuldades para acessá-las e, sobretudo, de minhas próprias inquietações: sentia a necessidade de refletir sobre a natureza do conhecimento químico, mas uma reflexão que fosse atrelada às minhas experiências na educação.

No mestrado, a questão de como o professor lida com o conhecimento e o leva para sua prática já surgira timidamente. Ali, por conta de meu momento de vida e das linhas de estudo, eu estava envolvido com questões mais próximas aos conteúdos e sua apropriação pelos estudantes do que com a natureza da minha própria formação. Foi a experiência como professor, o percurso formativo e todos os questionamentos que me conduziram para uma área até então desconhecida, a da História e Filosofia da Ciência. Agora, mais amadurecido

pessoal e profissionalmente, sei que quero falar não só de Ciência, mas também da história desta ciência.

Neste sentido concordamos com uma colocação de Paulo Freire, de que nós somos sujeitos históricos, na medida que temos a capacidade de intervenção no mundo, de fazer a história. Esta capacidade de fazer a história está atrelada à consciência do nosso inacabamento e da necessidade de estarmos sempre em movimento, sempre em busca (FREIRE, 2000). E a constante busca nos coloca diante da possibilidade da transformação, que ocorre na medida em que nos façamos conhecedores do contexto em que estamos e das relações nele estabelecidas.

Mas o que caracteriza uma pesquisa histórica? Retomar aspectos do passado é suficiente para dizer que temos uma pesquisa histórica? Elias (2001), ao abordar os problemas conceituais que guarda a palavra “história”, traz a seguinte reflexão de Ranke:

A história está sempre sendo reescrita.... Cada época, com sua orientação principal, apropria-se dela, impondo-lhe seus pensamentos. Em seguida, o louvor e a censura são distribuídos. Assim, isso vai até o ponto em que não é mais possível reconhecer a própria coisa. Nada mais se pode fazer, nesse caso, a não ser voltar à informação inicial. Mas será que a estudariam sem o impulso do presente?... Será possível uma história inteiramente verdadeira (ELIAS, 2001, p.30)?

Segundo Elias, “o que escrevemos, o objeto da pesquisa, não é nem verdadeiro nem falso; apenas aquilo que se escreve a respeito dele, o resultado da pesquisa, pode ser verdadeiro ou falso” (2001, p. 30). São os documentos, as fontes originais de informação que irão constituir a substância de análise dos pesquisadores em história. O que iremos ler sobre determinado acontecimento dito histórico não é o relato da informação presente na fonte original, mas sim interpretações que dependem de cada geração. Cada pesquisador irá, a partir de seus ideais e visão de mundo, colocar o que pensa, algo que, nas palavras de Ranke, se refere a distribuir louvores e censuras. A historiografia, ao estabelecer os nexos entre as diferentes fontes históricas, permite a elaboração de “modelos de conexão, denominados hipóteses ou teorias, cujo desenvolvimento está ligado ao do conhecimento de dados singulares por um estabelecimento contínuo de contato” (ELIAS, 2001, p. 31). Sobre este aspecto, o autor coloca:

O procedimento lembra o de homens que erguem suas casas a partir das ruínas de construções de épocas anteriores, fazendo-as no estilo de sua própria época. Nisso reside o principal motivo por que a "história está sempre sendo reescrita" como Ranke observou. Cada geração seleciona ruínas do passado e, juntando-as de acordo com seus próprios ideais e valores, faz delas casas características de seu tempo (ELIAS, 2001, p. 31-32).

Nesta investigação, partiremos das “casas” que já foram construídas, ou seja, partiremos das fontes secundárias para dar voz aos interesses da investigação. Este olhar sobre as discussões historiográficas, permite reescrever a história. Como diz Freire, “o ser humano, fazendo a história, nela se faz” (2000, p. 120).

Fazer a história. Fazer-se nela. Pensando e (re)pensando estas frases, me dei conta de que o que me motivava para esta pesquisa era a experiência. Sim, a experiência. Mas não no seu sentido mais comum, aquele das vivências que temos no dia a dia. Então, na busca por uma compreensão mais profunda desta palavra e o que ela representa no processo daquele que está em busca - em formação – conheci a obra do professor e pesquisador espanhol Jorge Larrosa. E é deste autor que trago a ideia de experiência como objeto desta investigação.

Segundo Larrosa (2017a), em nosso dia a dia muitas coisas se passam, mas poucas nos tocam, ou seja, se tornam de fato experiência. Experiência seria tudo o que nos faz perceber que é preciso sempre buscar, aquilo que nos tira do automatismo, que nos atravessa de tal modo que não há como nos mantermos na mesma posição. Ela nos transforma e, ao mesmo tempo, provoca a vontade de transformarmos o mundo, de fazermos a história, e, como diz Paulo Freire, de nela nos fazermos.

CAPÍTULO 2. EXPERIÊNCIA NO TEMPO

2.1. Das origens

Neste segundo capítulo, o da Experiência no tempo, exploramos palavras comuns do nosso dia a dia, e, ao mesmo tempo, reveladoras do quanto o comum pode guardar caminhos inimagináveis e inusitados. Exploramos e, a partir da articulação entre os autores, sugerimos certo significado para estas palavras em contextos diferentes, sempre tendo em vista o fio que os une, qual seja, o sujeito. Considerando que o “homem é palavra, [...] que todo humano tem a ver com a palavra, se dá em palavras, está tecido de palavras, que o modo de viver próprio desse vivente, que é o homem, se dá na palavra e como palavra” (LARROSA, 2017a, p. 17), é fundamental deixar claro de que ponto de vista algumas palavras nos servem e que realidades criam para nós. São as palavras que determinam a forma como pensamos:

As palavras determinam nosso pensamento porque não pensamos com pensamentos, mas com palavras, não pensamos a partir de uma suposta genialidade ou inteligência, mas a partir de nossas palavras. E pensar não é somente “raciocinar” ou “calcular” ou “argumentar”, como nos tem sido ensinado algumas vezes, mas é sobretudo dar sentido ao que somos e ao que nos acontece (LARROSA, 2017a, p. 16-17).

O sentido do que somos e o que nos acontece é traduzido em nossas experiências. Aqui sob a perspectiva do professor e filósofo Jorge Larrosa, fazemos um recorte da palavra experiência e tentamos construí-la como uma “categoria livre, como uma espécie de intervalo, como uma espécie de interrupção, ou de quebra” (LARROSA, 2017a, p. 12) de modo que a formação do sujeito, sendo um território no qual a experiência também acontece, não se elabore em torno de algo sistemático, legitimado segundo interesses específicos. Esta construção de experiência, atravessa aqui, o tempo.

Segundo Elias (1998) no campo filosófico existem algumas teorias sobre o entendimento do tempo. Destaco, aqui, duas delas distintas entre si. A primeira concebe o tempo como um dado objetivo do mundo criado, que se difere dos demais objetos da natureza pelo simples fato de não ser perceptível. A outra o concebe como uma representação que provém da capacidade da consciência

humana de captar um conjunto de acontecimentos. Ambas apresentam o tempo como um dado natural, ou seja, que existe independentemente do Homem. Porém, no primeiro caso, trata-se de um dado “objetivo”, independente da realidade humana e, no outro, de uma simples representação “subjetiva”, enraizada na natureza humana” (ELIAS, 1998, p. 9).

Em seu ensaio sobre o tempo, Elias (1998) sugere que nos afastemos de ambos os paradigmas no intuito de construir uma “teoria do saber humano ligada à evolução observável desse saber, de tal sorte que suas próprias hipóteses paradigmáticas possam ser postas à prova e revistas” (ELIAS, 1998, p. 10). Esta é uma característica deste sociólogo, que busca, em períodos de longa duração, os sinais que permitem a construção de uma determinada teoria, como fica evidente na seguinte passagem:

Ele [o tempo] repousa sobre a hipótese de que nosso saber resulta de um longo processo de aprendizagem, que não teve um começo na história da humanidade. Todo indivíduo, por maior que seja sua contribuição criadora, constrói a partir de um patrimônio do saber já adquirido, o qual ele contribui para aumentar. E isso não é diferente no que concerne ao conhecimento do tempo (ELIAS, 1998, p. 10, *grifo nosso*).

Pensem, por exemplo, na questão das origens da química. Somos levados a pensar na Alquimia e nos debates em torno de seu arcabouço conceitual e prático. Do ponto de vista historiográfico, a passagem da alquimia à química é analisada atualmente em uma perspectiva de longa duração, do século XV ao XVIII, e que é marcada por muitas rupturas. Tal visão difere das abordagens tradicionais que olharam para o passado em busca de elementos que explicassem o advento tardio da química moderna em relação às outras ciências, como a Astronomia e a Física (EDDY; MAUSKOPF; NEWMAN, 2014). Não à toa, o entendimento da alquimia como uma doutrina errônea, praticada por “charlatões”, responsável por atrasar o surgimento da química, ou a ideia de que o trabalho de Antoine Lavoisier dotou a química de uma racionalidade técnica e experimental, cuja noção das medidas quantitativas possibilitou descobertas decisivas, entre outros temas controversos da história da química, têm sido fonte de inúmeros debates e de novas interpretações. Como argumentam Bensaude-Vincent e Stengers, no decorrer do desenvolvimento da

química como ciência, não se encontra uma ruptura de paradigma entre dois esquemas conceituais distintos.

A identificação da alquimia como uma doutrina errônea deveria levar-nos a pensar que a questão da possibilidade da transmutação – o homem poderá fazer no laboratório o que ocorre nas entranhas da Terra? – deve jogar um papel decisivo, crítico no sentido de separador, na história que leva, para nós, da alquimia à química. Mas não é este o caso, como veremos. A explicação a dar às transformações da matéria também não é ponto crucial. O grande químico Georg Ernst Stahl falará, no início do século XVIII, de afinidades num sentido que os alquimistas, [...] não teriam negado. O semelhante atraindo e unindo-se ao semelhante, a dissolução dos metais pelos ácidos, o que testemunha a sua afinidade, traduz o facto de partilharem um mesmo princípio (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS 1996, p. 35, *grifo nosso*).

Ao invés de se pensar em uma única revolução científica na transição da alquimia à química, como a abordagem kuhniana prevê, hoje, muitos historiadores preferem analisar, em um período de longa duração, como as transformações sociais, políticas e econômicas moldam a prática científica e com isso o próprio conhecimento químico (EDDY; MAUSKOPF; NEWMAN, 2014; BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996). Nesse sentido, a historiografia destaca alguns momentos de transição, a saber: a Alquimia (*Alchemy*) até o século XV, a chamada Chimica (*Chymistry* ou *Chymia*) entre os séculos XV à XVII, caracterizada por um conjunto de práticas híbridas que envolvia o saber teórico e prático, e a Química (*Chemistry*), estabelecida no século XVIII como uma ciência assentada em saberes instrumentais, manufactureiros e experimentais.

Por agora, voltemos à questão do tempo. Pensar na palavra nos leva a querer compreender o seu significado. Mas existe, de fato, um significado? O que, afinal, indicam os relógios, quando dissermos que eles nos fornecem as horas? Já que “[...] o tempo não se deixa ver, tocar, ouvir, saborear nem respirar como um odor [...] como medir uma coisa que não se pode perceber pelos sentidos? Uma ‘hora’ é algo de invisível” (ELIAS, 1998, p. 7). Com a questão do tempo, que mobiliza este capítulo, pretendemos não apenas discutir o seu entendimento e sua construção simbólica, mas também utilizá-lo como fio condutor para acessarmos aquilo que é contaminado por ele, quais sejam: às práticas científicas, a observação, a experiência em sua multiplicidade de significados e, também, a educação.

Quando pensamos na imagem de um químico trabalhando em seu laboratório, o que nos vem à mente? Provavelmente aquela de um químico com seu jaleco branco, equipado com óculos de segurança, uma balança de precisão bem ao seu alcance, tubos de ensaio, reagentes e vidrarias típicas de laboratório. Quando no laboratório, o químico transita entre dois universos: o primeiro vinculado aos aspectos macroscópicos das reações como mudanças de cor, liberação de gases, formação de precipitados, etc., e o segundo atrelado ao que é microscópico como é o caso das estruturas moleculares e dos mecanismos das reações. Este é um aspecto singular desta ciência que nos conduz a um universo experiencial capaz de acessar aspectos do mundo real e de modificá-los. A questão que consideramos interessante compartilhar neste capítulo, sobre esse aspecto teórico-prático na química, remete ao que se costuma chamar de realismo químico.

Lemes e Porto ressaltam que “a mudança das características dos laboratórios e as evidências produzidas a partir destes, fez aflorar um caráter de realidade para as entidades submicroscópicas da química” (2013a, p. 126), o que resulta em um processo de desmaterialização e também de destemporalização, afetando a experiência do sujeito em relação aos objetos com os quais ele lida. O desenvolvimento de novos materiais, o uso de instrumentos cada vez mais refinados para as medições e simulações associados ao fato de as evidências experimentais confirmarem as estruturas teóricas previstas, faz com que os modelos utilizados para representar um dado sistema ou as coisas do mundo se tornem a própria “expressão da realidade”.

[...] ao mesmo tempo em que os resultados dos instrumentos aumentaram a sensibilidade de medição, também acarretaram um distanciamento da realidade imediata (isto é, de fenômenos como mudanças de cor, cheiro, precipitação, etc.), dando aos entes submicroscópicos idealizados maior imaterialidade e desconexão temporal das evidências (LEMES; PORTO, 2013b, p.1532, *grifo nosso*).

O refinamento da qualidade dos instrumentos molda a maneira como o observador elege e registra seus objetos de investigação. Mas as novas tecnologias não suplantam a importância do observador, cujos sentidos, julgamento e acuidade são sempre essenciais à integridade da observação (DASTON; LUNBECK, 2011).

O entendimento cada vez maior da estrutura molecular associado às evidências experimentais faz com que os modelos simbólicos utilizados pela química se aproximem cada vez mais de modelos icônicos, como destacam os autores na seguinte passagem:

Assim, há um movimento que parte de modelos e se acredita aproximar, gradualmente, dos objetos reais. Segundo Tomasi, uma estrutura do tipo bola-e-vareta não pode ser considerada como um modelo de um modelo, mas um modelo icônico de um referente real. [...] Sendo assim, a forma icônica faz uma ponte entre o macroscópico e o submicroscópico, tornando o invisível, visível (LEMES; PORTO, 2013a, p. 127-128).

A própria manipulação das transformações químicas contribui para reforçar esse realismo químico na medida em que, a partir de uma determinada substância, da qual se conhece a estrutura molecular e suas propriedades, é possível prever a formação de uma outra substância e, em seguida, realizar a síntese da mesma em laboratório e comprovar que as características previstas foram atingidas (LEMES; PORTO, 2013a).

No ensino básico é fundamental alertar para os problemas que podem surgir a partir de uma perspectiva realista ingênua, por exemplo, quando uma propriedade macroscópica, como cor ou viscosidade, são estendidas às entidades teóricas. Neste sentido, Lemes e Porto (2013b) argumentam que

[...] o uso impreciso da linguagem (pictórica ou verbal) pode ofuscar a distinção entre o comportamento macroscópico e as explicações submicroscópicas. Assim, os estudantes, ao operar sobre fórmulas químicas, em vez de sobre os modelos aos quais se referem, podem cometer equívocos (LEMES; PORTO, 2013b, p.1532).

Ao ressaltar alguns aspectos do denominado realismo químico percebemos que o conhecimento nesta área transita por um campo simbólico singular e complexo, conduzindo nossa experiência por caminhos nos quais a teoria, o modelo, a representação e a evidência experimental se fazem presentes. Os novos materiais, o refinamento dos instrumentos de medição e análise, o olhar cada vez mais acurado do observador e o uso de modelos teóricos cada mais assertivos, são aspectos característicos da maneira de se fazer ciência na atualidade. Ao trazer a HFC para este capítulo, queremos acessar diferentes camadas atreladas ao modo de se fazer ciência, no intuito de

problematizar como a dimensão do tempo na química foi se modificando e como este aspecto, aparentemente invisível, afeta a nossa experiência.

Partimos da premissa de que a sociedade está sempre em mudança. Se a sociedade passa por mudanças, cada momento histórico guarda em si uma série de singularidades que irá diferenciá-lo de outro período. Um exemplo deste aspecto está no período do Renascimento, caracterizado pela expansão do mercantilismo, pela consolidação das monarquias e dos Estados Nacionais, pelo crescente processo de urbanização e expansão da agricultura. Trata-se de um período interessante por caracterizar uma mudança de mentalidade em inúmeros aspectos, dentre os quais, a própria maneira de se fazer ciência (EDDY; MAUSKOPF; NEWMAN, 2014).

Neste período, em meados do século XVI, havia na Europa um forte desejo por solucionar qualquer tipo de problema técnico relacionado às mais variadas áreas da produção como a construção, a navegação, a agricultura e a tecelagem, entre outras. Segundo Rossi (2006), havia, então, uma valorização do trabalho dos artesãos uma vez que estes, por deterem um conhecimento prático, podiam contribuir para resolver os problemas mencionados. À época, uma aproximação entre os artesãos, com seu conhecimento das chamadas artes mecânicas e os filósofos, resultou em uma prática híbrida que foi logo reconhecida e aplicada pelo seu valor educativo e porque impulsionava de maneira significativa o progresso do saber, como vemos na passagem a seguir:

A atenção para com os procedimentos da técnica e das artes mecânicas, o reconhecimento de sua utilidade para o progresso do saber, a insistência sobre o seu valor “educativo” caracterizam, em vasta medida, a cultura dos séculos XVI e XVII. Os procedimentos cotidianos dos artesãos, dos engenheiros, dos técnicos, dos navegantes, dos inventores são elevados à dignidade de fato cultural, sendo que homens como Bacon, Harvey, Galileu reconhecem explicitamente sua “dívida” para com os artesãos (ROSSI, 2006, p.84).

A valorização das artes mecânicas contribuiu para o desenvolvimento de práticas experimentais. O interesse pela manipulação e transformação dos materiais foi fundamental para viabilizar o desenvolvimento da metalurgia, o forte processo de urbanização exigiu soluções para os problemas de saúde inerentes ao crescimento das cidades e a necessidade de expandir a produção de

alimentos fez com que, na agricultura, surgissem técnicas de aclimação de novas espécies e experimentações com fertilizantes.

Do contato entre os saberes técnicos e científicos deriva, em primeiro momento, o enriquecimento do conhecimento empírico, decisivo para a afirmação de ciências como a química, a mineralogia, a botânica e a geologia. Em um segundo momento, reforça-se o fato de que uma teoria deve ser sempre aplicável. Passa-se a dar grande valor àquele tipo de "conhecimento capaz de incidir sobre a prática, em contraposição a um conhecimento de caráter exclusivamente teórico" (ROSSI, 2006, p. 94).

Se, por um lado, ocorreu uma valorização do experimento alquímico, por outro, as obras do período criticavam a sua linguagem, como mostra a passagem a seguir.

[...] a recusa daquele tipo de linguagem feito de alusões, de metáforas, de símbolos misteriosos que era característica da tradição mágico-alquímica e que atuava em profundidade dentro de uma vastíssima literatura científica e filosófica. Esta recusa coincidia, por um lado, com a exigência de uma clareza considerada indispensável para o progresso técnico e para a sua difusão e, por outro, com a consciência da imensa quantidade de "coisas" e "fatos" que restavam para serem explorados a fim de enriquecer os homens com um novo poder (ROSSI, 2006, p.86).

A crítica ao ocultismo e à complexidade alegórica dos escritos alquímicos, o advento da imprensa de Gutenberg e a necessidade de que o conhecimento se torne público, são aspectos centrais na passagem da alquimia à química.

Sublinhámos que o devir racional da química e a marginalização da alquimia são inseparáveis da inovação que constitui a imprensa. No fim do século XVII, a química tornada racional tem os seus autores modernos e o seu público. Os seus cursos são largamente difundidos, a sua linguagem está liberta de qualquer referência ao ocultismo, ao segredo perdido ou transmitido de maneira hermética desde a noite dos tempos (BENSAUDE-VICENT; STENGERS, 1996, p. 62).

Este cenário, que contribui para o desenvolvimento da química como uma ciência capaz de acessar a natureza por meio da observação e da experiência, torna-se central no empreendimento filosófico de Bacon que elegeu o método experimental como caminho para revelar os processos que ocorrem na natureza. Dois aspectos são centrais na filosofia baconiana: a necessidade de substituir o culto aos livros e à tradição pelo culto à natureza e a valorização das artes

mecânicas, dada a sua capacidade em produzir invenções e obras que o saber tradicional não possuía (ROSSI, 1996).

A execução de tal empreendimento, segundo o filósofo, passa pela proposição de um método de investigação que utilize como ferramentas as substâncias e os experimentos químicos (ZATERKA, 2006, p. 682). Se, por um lado, a via experimental rompe com a dicotomia teoria e prática, pois o avanço do conhecimento se relaciona com um saber prático (aquecer, destilar, misturar, etc.), por outro, trilhar o caminho da experiência torna-se um meio para se aproximar da obra de Deus e restabelecer o vínculo que foi perdido com o pecado original.

É este é um ponto central da filosofia baconiana. O fato do Homem estar em uma condição limitada sobre os fenômenos naturais e, por isso mesmo ser incapaz de acessar a essência ou os elementos constituintes da natureza, obriga-o a buscar um conhecimento a posteriori, às avessas, partindo dos efeitos para encontrar as causas. Em outras palavras, o Homem se vê obrigado a reproduzir os fenômenos presentes na natureza para, com isso, conhecer suas causas revelando, assim, a estrutura interna dos corpos.

A busca pelo conhecimento da estrutura dos corpos, dos elementos constituintes de um material, leva o filósofo a elaborar sua teoria da matéria. Para Bacon, esta seria formada por espíritos sutis que - formados por partículas de diferentes tamanhos - possuiriam apetites, desejos e impulsos - e matéria tocável - frios e inertes. Ao conceber a matéria formada por elementos ativos, o filósofo se distancia de uma visão quantitativa e mecânica.

Somente a partir do desenvolvimento da química por meio da observação e da experiência seria possível acessar e liberar os espíritos de um corpo e restabelecer o status perdido pelo Homem. A questão do método experimental no pensamento filosófico de Bacon é central, pois operar sobre a natureza - aquecendo, destilando ou misturando substâncias - de modo a forçar que ela se manifeste, possibilitaria alterar o seu curso e (re)produzir seus efeitos (ZATERKA, 2003, 2006, 2012).

É importante observar que Bacon não rompe com alguns aspectos da magia e da alquimia, como mostra Rossi na passagem abaixo.

O que ele acolhe da tradição mágica é o conceito do *saber como poder* e de uma ciência *que se torna ministra da natureza para prolongar sua obra* e levá-la a bom termo, que chega finalmente a dominar a realidade e a dobrá-la para servir ao homem, como que por astúcia e através de uma contínua tortura (ROSSI, 1996, p. 118, *grifo nosso*).

A ideia de uma ciência que atua sobre a natureza e que prolonga a sua obra é um aspecto que nos interessa pois, assim, ela se apresenta atrelada ao tempo, ao desejo de controlar e acelerar os processos de maturação, de germinação, de modificar a atmosfera e, inclusive, de fabricar novas espécies animais (ROSSI, 1996).

O Homem, desde os tempos mais longínquos, parece ter tido sempre a pretensão de controlar e reverter o tempo a seu favor, conforme vemos a seguir.

Os metais formam-se e maturam lentamente nas entranhas da terra, e é nesta perspectiva dinâmica que se inscreve a obra alquímica. Trabalho sobre o tempo, e que leva tempo. As operações alquímicas são longas, contam-se em dias mais do que em horas, mas trata-se de reproduzir em laboratório, na matriz artificial que constitui um alambique hermeticamente fechado, um processo que, na natureza, se mede em séculos (BENSAUDE-VICENT; STENGERS, 1996, p. 29).

O alquimista, com seu saber teórico e prático, não tinha a intenção de superar a obra de Deus, mas, sim, de atuar como um ministro e intérprete da natureza. Em outras palavras, buscava entender os processos naturais para reproduzi-los de forma artificial, em laboratório. A busca pela transmutação dos metais em ouro e o desenvolvimento de um elixir para a cura de todos os males, inclusive a morte, revelam o desejo do alquimista em prolongar a obra de Deus (ALFONSO-GOLDFARB, 2001; NEWMAN, 2004).

A influência de Francis Bacon sobre o pensamento de Robert Boyle se dá através da visão qualitativa da matéria e na escolha da química como ciência capaz de acessar a natureza, por meio de um método experimental, como mostra a passagem que segue:

A química oferecia uma ilustração ideal das potencialidades deste método. Os produtos naturais foram ordenados por Deus para o uso do homem, mas suas propriedades não poderiam ser reveladas diariamente, uma vez que a transgressão de Adão sacrificou nossos direitos a uma experiência direta sobre a pureza da natureza. Os medicamentos foram 'aprisionados', e somente poderiam ser isolados pela 'anatomia artificial dos químicos', seus trabalhos poderiam mostrar que Deus criou um suprimento inesgotável de remédios

específicos, cada região fornecendo o suficiente para suas próprias necessidades (ZATERKA, 2003, p. 23).

Esta citação traduz de forma significativa o sentido da filosofia natural para Boyle. Por um lado, nenhuma outra forma de conhecimento - como a Matemática ou a Física - seria capaz de “perturbar” a natureza para liberar os produtos naturais nela depositados pelo Criador. Eis o porque da sua escolha pela química, pois ela possibilitaria atuar sobre os corpos modificando a matéria e, portanto, restabelecendo a condição humana perdida. Esta possibilidade de se aproximar e de conhecer o Criador por meio de suas obras justifica o seu interesse pela filosofia natural (ZATERKA, 2003, 2006, 2012).

Na esteira da filosofia proposta por Bacon, Robert Boyle não apenas se voltará para o desenvolvimento de operações químicas, como também irá fornecer explicações acerca dos meios experimentais adequados pelos quais o conhecimento deveria ser gerado e avaliado.

Seu interesse pelas operações químicas remonta a sua juventude, sempre na tentativa de incorporar a química ao contexto da filosofia natural por meio da construção de uma sólida teoria a partir da experimentação.

“Cultivei a química [...] não para multiplicar processos ou ganhar reputação com eles, mas para servir para a fundação de uma história da natureza experimental e outras matérias úteis, na qual uma sólida teoria pode ser construída no decorrer do tempo” (ZATERKA, 2003, p. 117).

As escolhas realizadas por Boyle refletem a sua fé e busca por se aproximar da obra de Deus. Ele acreditava que o trabalho do filósofo natural não deveria ficar restrito à contemplação da natureza, e, sim, comandá-la por meio de diversas operações químicas e outros meios para a manipulação da matéria. Esta manipulação só seria possível por meio do desenvolvimento de um poderoso método experimental, capaz de alterar as propriedades dos corpos e também as relações entre os corpos, de modo a exercer um mando sobre a natureza (ZATERKA, 2003).

Ao contemplar algumas questões que remetem à passagem da alquimia à química, procuramos, por um lado, mostrar como algo aparentemente invisível, no caso o tempo, revela sua importância como, por exemplo, quando o cientista se propõe acelerar os processos que ocorrem na natureza por meio do artificial.

Por outro, ao contemplar aspectos da HFC, torna-se evidente que a compreensão de um determinado período histórico passa pela observação de inúmeros aspectos os quais não se reduzem apenas ao entendimento conceitual atrelado a uma determinada ciência, mas, sim, estendem-se à compreensão de questões que permeiam as esferas social, política e econômica.

2.2. A observação e a experiência ao longo do tempo

Para muitos pensadores, este saber que resulta de um longo processo de aprendizagem é fruto da experiência humana. Na Enciclopédia², ou Dicionário razoado das ciências, das artes e dos ofícios, encontra-se o verbete Experiência atrelado à Filosofia, sendo “o conhecimento adquirido por uma longa vivência, unido a reflexões feitas sobre o que se viu e sobre o que nos aconteceu de bom ou de mau” (DUMARSAIS, 2015, p. 276). Dumarsais (1676-1756), ao discorrer sobre esse verbete sugere que a leitura de livros de História e as viagens são muito úteis para se adquirir experiência. Além deste sentido subjetivo, encontramos no verbete uma menção ao papel da observação na aquisição de conhecimento.

Assim, quando se diz que um homem tem *experiência*, é *experiente*, é um *expert*, isso quer dizer que, além dos conhecimentos que cada um adquire em sua vivência, ele observou em particular o que diz respeito à sua própria condição. Não se deve separar o fato da observação. Para ser um oficial experiente não basta ter participado de numerosas campanhas, é preciso ter participado delas com espírito de observação, sabendo tirar proveito de seus próprios erros e daqueles dos outros (DUMARSAIS, 2015, p. 277, *grifo nosso*).

Daston e Lunbeck (2011) argumentam, na obra *Histories of Scientific Observations*, que a observação em si raramente é o foco de atenção e dificilmente é um objeto de investigação histórica. Ao tratarmos a observação como algo simples e corriqueiro, menosprezamos como sua história é longínqua, com contornos específicos e epistemologicamente significativos, repletos de inovações que ampliaram as possibilidades de percepção, julgamento e razão.

Na perspectiva de Dumarsais, é o espírito de observação que contribui para que o sujeito tire maior proveito de uma situação, adquirindo assim

² A obra consultada refere-se à edição traduzida pela Editora Unesp, publicada em 2015.

experiência. Como veremos mais adiante, a observação é a prática mais realizada na ciência moderna, seja humana ou natural. A história por trás das práticas de observação mostra como esta educa os sentidos, calibra o julgamento, contribui para a escolha de objetos de investigação científica e também para formar um coletivo de pensamentos (DASTON; LUNBECK, 2011).

Além do aspecto filosófico, Dumarsais utiliza a palavra experiência atrelada ao fazer empírico:

Em Física, a palavra *experiência* se refere às provas produzidas para a descoberta das diferentes operações e mecanismos da natureza. Realizam-se experimentos sobre gravidade, o fósforo, a agulha imantada, a eletricidade etc. Em anos recentes, a realização de experimentos se tornou bastante usual na Europa, contribuindo para multiplicar os conhecimentos filosóficos e torná-los difundidos (DUMARSAIS, 2015, p. 277-278).

A experiência do homem em relação ao tempo e ao experimento guarda um ponto de partida em comum, a ideia de que “a natureza é uniforme na ordem moral bem como na ordem física” (DUMARSAIS, 2015, p. 277). Prova disto seria o fato de que os fenômenos naturais, como o amanhecer e o entardecer, ocorrem dentro de certa regularidade e produzem os mesmos efeitos.

A maneira de perceber o tempo nas antigas civilizações estava muito ligada à natureza. Dentre os instrumentos mais antigos utilizados, que cumpriam a função de orientação, de medição do tempo estão os movimentos do sol, da lua, das estrelas e das ondas do mar. Na citação abaixo, fica claro que mesmo para as sociedades primitivas já havia a noção de que a atividade de produção de alimentos era regida pela natureza. Tanto que a estação do ano adequada para semear era definida por um indivíduo do grupo dotado de um saber especial.

Outra tarefa ligada às obrigações permanentes do (...) sacerdote era a observação das estações, para que ele ficasse em condições de indicar ou anunciar à população inteira o momento da semeadura, bem como da celebração de suas festas. A primeira dessas funções obrigava-o, todas as manhãs, a subir até um ponto de observação que dava para o leste, para dali assistir ao nascer do sol. Dizem que existe no leste (...) uma montanha de cimo achatado (...) e que, quando o sol aparecia bem atrás dessa montanha no alvorecer, a primeira chuva da semana era considerada boa para a semeadura. Na primeira manhã depois dessa chuva, o sacerdote dava um sinal, que era depois retransmitido por toda essa região montanhosa. Viam-se então os camponeses e suas famílias descenderem as encostas com suas enxadas

e seus cestos, para participar do trabalho coletivo (ELIAS, 1998, p. 43, *grifo nosso*).

Em relação a esta prática realizada pelo sacerdote, Gianna Pomata (2011) diz que até a meados do século XV, o que atualmente denominamos de práticas de observação passou por um desenvolvimento sem precedentes em diferentes campos do conhecimento, como na astrologia, na astrometeorologia, na medicina, na alquimia, na história natural e em outros campos. E, apesar do extremo desenvolvimento de tais práticas entre os séculos XV e parte do século XVI, não havia, até então, uma palavra firmemente ligada à “qualificar” estas práticas. Nesse período, os termos *experientia*, *experimentum*, *contemplativo*, *consideratio* e *observatio* poderiam ser utilizadas para este fim. Ao final da Idade Média, enquanto o termo *experimentum* torna-se objeto de discussão na filosofia e na medicina, *observatio* não era dotada de nenhum significado filosófico, e definitivamente não poderia ser considerada uma categoria epistêmica. É interessante observar que durante toda a Renascença pouca coisa mudou. As palavras-chave vinculadas ao conhecimento empírico continuam sendo *experientia* e *experimentum*, enquanto *observatio* é pouco utilizado.

Segundo Pomata (2011), em meados do século XVI a palavra *observatio* surge atrelada a *experimentum* como uma forma de expressão no plural, “*experimenta et observationes*”. Embora o termo *observatio* conquistasse espaço de forma lenta nos estudos acadêmicos, sua assimilação em termos filosóficos só ocorreu ao longo do século XVIII.

A partir do estudo e da análise de inúmeras fontes primárias, Pomata (2011) realiza uma espécie de arqueologia da palavra *observatio*. Inicialmente esta palavra é usada no plural em títulos de obras. Seu surgimento nos títulos de obras ocorre entre as décadas de 1530 e 1570 em uma variedade de disciplinas como na astronomia e na medicina. No decorrer do século XVII, de forma acelerada, a palavra *observatio* sofre uma mudança em seu sentido semântico, passando de observância para observação empírica.

E é justamente no decorrer dos séculos XVI e XVII que a palavra *observatio* torna-se um gênero epistêmico, sendo utilizado por um determinado autor quando este desejava incluir-se de forma consciente em uma comunidade, aquela dos homens geradores do saber. Este desejo é revelador de que a palavra, além de determinar a forma como pensamos, como pontua Larrosa

(2017a), é também usada como uma forma de pertencer a um espaço social e intelectual, de dar-se importância.

Além de se estabelecer como um gênero epistêmico, na primeira metade do século XVII, *observatio* emerge como uma nova categoria cognitiva, sendo utilizada em novas áreas como a filosofia natural. O sucesso da observação como categoria cognitiva se deve, dentre outros aspectos, ao anseio de inúmeros protagonistas do século XVII, como Robert Boyle, na busca por novos conhecimentos de natureza empírica. Ao se expressar na forma de carta ou até mesmo na forma de um breve relato de uma observação específica (astronômica, médica, anatômica, natural ou filosófica), sem o uso de referências, sem mencionar qualquer doutrina ou teoria específica, a *observatio* tornou-se um conhecimento que podia circular facilmente, sendo logo adotado como o principal veículo do novo “empirismo aprendido” que unia os estudiosos europeus através de divisões disciplinares, filosóficas e religiosas (POMATA, 2011).

Entre os séculos XVIII e início do XIX, a observação e o experimento eram práticas complementares, na qual a primeira seria responsável pelo levantamento de conjecturas, e a segunda, pela sua confirmação. Os resultados obtidos neste processo culmina em novas observações e em novos experimentos para comprovação, em um ciclo contínuo, como elucida a passagem que segue:

Um fenômeno que a experimentação descobre abre nossos olhos para uma infinidade de outros que, por assim dizer, precisam apenas ser percebidos. A observação, pela curiosidade que inspira e pelas lacunas que deixa, leva à experimentação, que, por sua vez, remete à observação, pela mesma curiosidade que busca preencher e cada vez mais suprimir lacunas (D’ALEMBERT, 2015, p. 281).

Percebe-se que, até este período, a experimentação e a observação são como uma sequência e o complemento uma da outra. Num sentido mais amplo, elas guardam uma relação entre si. No entanto, a partir de meados de 1820, ocorre uma mudança de status entre ambas as atividades, na qual o experimento assume maior importância que a observação (DASTON, 2011).

Na Enciclopédia, encontramos o verbete Experimental, que seria a Filosofia que faz uso dos experimentos para descobrir as leis da natureza. D’

Alembert, ao discorrer sobre o papel do experimento, coloca que os antigos não foram negligentes com a Física Experimental, pois compreenderam que a observação e a experimentação são o único meio para conhecer a natureza. Apesar de reconhecer o valor da observação, o filósofo atribui a experimentação um valor mais nobre, por ser capaz de ir além dos fatos observados pelos sentidos do homem. Na citação abaixo, o uso comparativo entre ambos os termos evidencia esta mudança de status:

A Física experimental gira em torno de dois pontos que não devem ser confundidos, a experimentação propriamente dita e a observação. Esta última, menos requintada e menos sutil, restringe-se aos fatos que se apresentam aos olhos, a ver atentamente e detalhar toda espécie de fenômeno oferecido pelo espetáculo da natureza. A primeira, ao contrário, busca penetrar mais a fundo, descobrir o que a natureza esconde, criar, de alguma maneira, pela diferente combinação dos corpos, novos fenômenos a serem estudados (D'ALEMBERT, 2015, p. 279-280).

Se, em meados do século XVII, observação e experimento raramente eram termos acoplados, agora ambas as categorias tornam-se um par inseparável, definindo e redefinindo um ao outro. A partir do início do século XVII até meados do século XIX, a relação entre observação e experiência se modifica não apenas uma vez, mas inúmeras vezes. Se no início foram empregados como sinônimos, como na frase “observações e experimentos”, no período que vai do século XVIII ao início do XIX, os termos passam a ser utilizados para complementar e interligar partes de um único método de investigação.

Esta mudança de status também irá se refletir na forma como observação e experimento serão concebidos. O experimento torna-se algo ativo, que exige ideias e engenhosidade, ao passo que a observação passa a ser concebida como uma atividade passiva, que envolveria o mero registro de dados, podendo ser atribuída a algum assistente sem treinamento. Esta oposição metodológica se consolida no decorrer do século XIX e deixa sua marca na filosofia da ciência de todo o século XX, período em que esta divisão da filosofia se tornou ainda mais ativa em função dos problemas surgidos da relação entre teoria e observação (DASTON, 2011).

Como herança desta postura, ainda hoje, no ensino fundamental e médio, a prática de observação é vista como algo de pouco valor. A orientação pedagógica aplicada atualmente nas escolas exige do professor o uso de

metodologias nas quais o estudante deixe de ser um “agente passivo”, que apenas observa as coisas e os acontecimentos, e passe a ser protagonista do processo de ensino aprendizagem. Há que se tomar cuidado com tal orientação pois observar é uma prática fundamental para apurar os sentidos e adquirir experiência, como queremos demonstrar nesta breve exposição sobre a história dos termos observação e experiência no âmbito da ciência.

Ao trazer essa reflexão sobre os sentidos que as palavras assumem ao longo do tempo, temos a intenção de evidenciar que a constituição e o uso da palavra guardam um conjunto de práticas.

Ao acessarmos as diferentes camadas de significados da palavra experiência, seja em uma perspectiva subjetiva, aquela vinculada ao conhecimento adquirido por uma longa vivência unida a reflexões ou por uma via mais objetiva, a do fazer empírico, percebemos a importância da prática de observação em seu desenvolvimento. A história das observações científicas, segundo Daston e Lunbeck (2011), é também uma história de como a experiência foi moldada para fins científicos, na medida em que educa e amplia os sentidos, desenvolve práticas de como registrar, correlacionar e exibir dados, transformando as experiências privadas dos indivíduos em experiências coletivas.

2.3. Alguns aspectos que afetam a experiência

Hoje em dia, não se faz necessário olhar para o céu para saber a duração do dia ou acompanhar os sinais da natureza que indicam a mudança de uma estação para outra. O relógio e o calendário cumprem esta função. Como colocam Daston e Lunbeck (2011), os instrumentos utilizados por nós incluem não apenas os nossos sentidos, das nossas observações, mas, também, de um conjunto de ferramentas - como o questionário - e instrumentos como o microscópio, o telescópio e a chapa fotográfica, entre outros, todas invenções de grande engenhosidade destinadas a tornar visível o invisível.

Apesar de ser algo corriqueiro, dado o conhecimento que temos atualmente sobre os aspectos temporais, o entendimento de como os acontecimentos se ligam no “tempo” resulta de um longo processo de aprendizagem que se deu ao longo de sucessivas gerações (ELIAS, 1998).

E este aprendizado que resulta no conhecimento do tempo nega a representação de um mundo dividido em dois, no caso, entre “sujeito” e “objeto”. São os processos de natureza física e as observações das regularidades que se sucedem na natureza que serão sintetizadas pelo Homem. Destas descobertas resulta o nosso entendimento do tempo. Ao apresentar o fio condutor de seu pensamento, Elias rechaça a separação do universo em “homem” e “natureza”, como epistemologicamente se assenta a Ciência Moderna:

Os conceitos que utilizamos em nossa linguagem e nosso pensamento parecem implicar que “sociedade” e “natureza”, ou “sujeito” e “objeto”, existiram independentemente uns dos outros. Aí está um erro difícil de dissipar, na falta de uma perspectiva de longo prazo (ELIAS, 1998, p. 37).

Esta cisão do universo em dois nos permite contemplar algumas reflexões sobre a experiência do homem em relação à natureza e ao tempo. Se por um lado, as práticas alquímicas eram regidas por uma visão integrada do universo, na qual os procedimentos eram utilizados para prolongar a obra de Deus, por outro, a ciência moderna tem a pretensão de superar a obra do criador e sobretudo assumir a função do tempo, como destaca Mircea Eliade³.

Ao substituir o Tempo, o alquimista evita cuidadosamente assumi-lo; sonhava em precipitar os ritmos temporais, em fazer ouro mais rapidamente do que a Natureza... nas ciências físico-químicas e na indústria, a defesa contra o tempo deixou de ser possível. A Trágica grandeza do homem moderno está vinculada ao fato de ter este tido a audácia de assumir, diante da Natureza, a função do Tempo... (1974, apud ALFONSO-GOLDFARB, 2001, p. 35).

O alquimista não visava exercer o controle sobre a natureza, mas, sim, atuar como um facilitador para acelerar os processos naturais. Hoje em dia, o químico, ao sintetizar novas moléculas deixa clara sua intensão em dominar a natureza e, por vezes, se equiparar ao criador. A passagem a seguir é elucidativa a este respeito:

Desde o início da química de síntese, cerca de dez milhões de moléculas diferentes foram inventadas, número que cresce a um ritmo superior a mil por dia. [...] Por cada substância explorada pela indústria farmacêutica, perto de dez mil foram testadas e declaradas sem valor

3 ELIADE, M.. *Herreros y Alquimistas*, trad. Castelhana, Madrid: Alianza Ed. (com autorização de Taurus Ed.), 1974.

intrínseco, ou comercial. Por outras palavras, a química de síntese fornece a oferta, mas apenas a procura é dona da significação (BENSAUDE-VICENT; STENGERS, 1996, p. 359).

A perspectiva do tempo na ciência moderna atrela-se a uma visão mercadológica, de controle da velocidade dos processos. Diferente da alquimia, o tempo assume na ciência moderna um viés produtivista. Deste modo, ao criar em laboratório as condições necessárias para lidar com o artificial, a química acaba por afetar nossa experiência com o tempo e, consequentemente com o mundo.

Quando pensamos na escola de hoje e na forma como ela institucionaliza os saberes através das grades curriculares, reforçamos a cisão do universo em partes, o que resulta em contradições, pois oferecemos os saberes isolados, na forma de disciplinas, e cobramos que o estudante faça a integração, que pense em si e nos problemas que o mundo lhe apresenta. A forma como algo se institucionaliza socialmente impacta a experiência do indivíduo, pelo simples fato de afetar as relações entre indivíduo, sociedade e natureza.

O conceito de tempo no uso que fazemos dele atualmente resulta de um rico patrimônio cultural do saber. No entanto, por estarmos extremamente familiarizados com ele, mal nos damos conta, ele passa despercebido. Antigamente, os instrumentos de medição do tempo estavam vinculados aos astros. Os povos antigos não tinham o conhecimento que temos hoje sobre as regularidades e as ligações entre os movimentos destes astros, daí acreditarem que estavam diante de uma multiplicidade de acontecimentos individuais e isolados (ELIAS, 1998). A compreensão de que um determinado evento guarda em si uma regularidade, como, por exemplo, a sucessão entre o dia e a noite, é central para entendermos experiência que temos hoje com o conceito de tempo.

Quando crianças aprendemos a nos orientar em função de um tempo já convencionado na sociedade. A nossa experiência com o tempo, deste modo, vai sendo construída em função de símbolos que disciplinam o indivíduo e marcam sua rotina, como o tempo de acordar, comer, trabalhar, estudar e dormir. Sendo assim, o tempo, passa a ser algo muito natural para nós, pautando nossas relações sociais e profissionais. No entanto, é importante refletirmos se essa construção é, de fato, natural. Norbert Elias afirma que:

Li, certa vez, a história de um grupo de pessoas que subia cada vez mais alto pelo interior de uma torre desconhecida e muito elevada. Os da primeira geração chegaram até o quinto andar, os da segunda, até o sétimo, os da terceira, até o décimo. No correr do tempo, seus descendentes atingiram o centésimo andar. Com o passar do tempo, esqueceram-se de que um dia seus ancestrais haviam habitado os andares inferiores, e também a maneira como elas mesmas haviam chegado ao centésimo andar. Passaram a considerar o mundo, bem como a si mesmas, a partir da perspectiva do centésimo andar, ignorando como os seres humanos haviam chegado ali (ELIAS, 1998, p. 108).

O tempo nos possibilita um aprendizado, uma chance de conhecermos melhor os homens e a nós próprios. A questão trazida por Elias constitui, de maneira análoga, um bom exemplo das consequências do esquecimento do passado histórico na formação do sujeito. Na escola, é comum que a prática pedagógica aconteça por meio da transmissão de conteúdo, de forma cada vez mais acelerada em função de se cumprir o programa de ensino. Assim, não temos tempo nem espaço para refletir sobre o processo histórico envolvido na construção do conhecimento. Este é apresentado de modo estanque, pronto e acabado, impedindo que o estudante construa sua própria narrativa a respeito do processo de aprendizagem, “como se o conhecimento se desse sob a forma de informação, e como se aprender não fosse outra coisa que não adquirir e processar informação” (LARROSA, 2017a, p. 19).

A busca por um Ensino de Ciências que contemple esta perspectiva passa pelo rompimento com o modelo tradicional de ensino - assentado na memorização, repetição e resolução padronizada de exercícios - e tem sido objeto de pesquisa por parte de educadores e historiadores. Neste sentido, Derek Hodson (1985) afirma que um ensino tradicional pode resultar em ideias equivocadas sobre o desenvolvimento científico. Dentre estas visões equivocadas sobre Ciências, o autor destaca aquela na qual o conhecimento científico é tido como o meio pelo qual se acessa a verdade a respeito do mundo natural; que o conhecimento científico resulta da observação direta de um fenômeno; que é uma atividade neutra, a margem de fatores sócio-históricos, políticos e econômicos. Neste sentido, trazer a HFC para a formação do professor permite, por um lado, que este entenda os avanços e retrocessos que marcam a construção do conhecimento sob uma perspectiva história, e por outro,

que ele possa romper com a lógica disciplinar que trata os conceitos de maneira estanque e os engaveta em diferentes caixas.

A compreensão do tempo é marcada por sua medição. No entanto, o tempo já existia muito antes da humanidade pois, para esta existir, faz-se necessário que exista o tempo. Os ponteiros do relógio indicam Algarismos que nos orientam no tempo e no espaço: "são doze horas e quinze minutos". Esta informação fornecida pelo relógio indica o horário não só para mim, mas para o conjunto da sociedade à qual pertenço. Os relógios são instrumentos de medida padronizado por uma convenção social. Eles atuam dentro de certa regularidade com a função de nos orientar em meio a uma série de processos de natureza física e natural (ELIAS, 1998).

No entanto, é importante compreender que os relógios não medem o tempo, e sim, algo que pode ser captado, como a duração de um dia de trabalho, o tempo que ficamos em trânsito ou até mesmo a duração de um fenômeno natural, como o pôr-do-sol. O tempo, desta maneira, torna-se uma representação simbólica de uma vasta rede de relações em todos os níveis de integração, tanto física e social quanto individual.

A partir do processo de urbanização, de comercialização e de mecanização, o homem se torna cada vez mais dependente de dispositivos para medir o tempo, o que provocou o seu afastamento e sua autonomia das formas naturais de medição. Um dado interessante dessa "autonomia" em relação aos fenômenos naturais é que cada vez menos estabelecemos uma relação direta entre a alternância das estações e as divisões do calendário.

Na atualidade, nossa experiência com o tempo se dá por um viés essencialmente produtivista e individualista. O homem de hoje tem a pretensão de controlar o "seu tempo", como se este tivesse de obedecer às suas necessidades particulares. Paradoxalmente é, na verdade, o tempo que exerce, sob a forma de relógios e calendários, uma espécie de coerção, uma pressão desprovida de violência física que faz o indivíduo desenvolver uma autodisciplina (Elias, 1998). Este controle cada vez mais ativo do tempo substitui gradativamente o controle dito passivo do tempo, aquele proveniente de nosso relógio fisiológico.

É importante observar que tudo aquilo que no tempo passa, ou que passa pelo tempo é, de certa forma, por ele contagiado. Digamos que numa sequência

de afetos, sendo o tempo que afeta a experiência e a experiência que afeta o indivíduo, este último estaria duplamente afetado, pelo tempo e pela experiência. No entanto, é impossível definir o quanto e se este indivíduo passou, de fato, por uma transformação, já que assim como o tempo, a experiência,

[...] não é uma realidade, uma coisa, um fato, não é fácil de definir nem de identificar, não pode ser objetivada, não pode ser produzida. E tampouco é um conceito, uma ideia clara e distinta. A experiência é algo que (nos) acontece e que às vezes treme, ou vibra, algo que nos faz pensar, algo que nos faz sofrer ou gozar, algo que luta pela expressão, e que às vezes, algumas vezes, quando cai em mãos de alguém capaz de dar forma a esse tremor, então, somente então, se converte em canto. E esse canto atravessa o tempo e o espaço (LARROSA, 2017a, p. 10).

Minha intenção aqui não é buscar definições precisas sobre o tempo e a experiência. Até porque, “não se pode pedagogizar, [...] nem produzir a experiência; [...] a experiência não pode fundamentar nenhuma técnica; [...] a experiência pertence aos próprios fundamentos da vida, quando a vida treme, ou se quebra, ou desfalece” (LARROSA, 2017a, p. 13). O olhar está voltado para cada uma destas palavras como um caminho possível de reflexão das questões que envolvem o homem e o conhecimento. Pensar de que maneira as construções históricas, sociais, culturais e científicas atreladas à maneira como nos relacionamos com elas interferem nas experiências que temos e conseqüentemente em nossa transformação e concepção do mundo.

As transformações ocorridas desde a revolução industrial trouxeram uma quantidade imensa de informações que circulam numa velocidade humanamente impossível de acompanhar. Isto provoca uma "aceleração" do tempo e, conseqüentemente, um empobrecimento das experiências. O filósofo alemão Walter Benjamin observa de maneira muito interessante o porquê de o excesso de informação provocar a pobreza de experiências em nosso mundo.

Cada manhã recebemos notícias de todo o mundo. E, no entanto, somos pobres em histórias surpreendentes. A razão é que os fatos já nos chegam acompanhados de explicações. Em outras palavras: quase nada do que acontece está a serviço da narrativa, e quase tudo está a serviço da informação. Metade da arte narrativa está em evitar explicações. Nisso Leskov é magistral. [...] O extraordinário e o miraculoso são narrados com a maior exatidão, mas o contexto psicológico da ação não é imposto ao leitor. Ele é livre para interpretar a história como quiser, e com isso o episódio narrado atinge uma amplitude que não existe na informação (BENJAMIN, 1994, p. 203).

Como dissemos anteriormente, a experiência está ligada àquilo que nos transforma. É aquilo que nos acontece, que nos toca. Aquilo que faz tremer, tombar. Entretanto, no universo da informação, sobretudo naquela entregue pronta, enviesada, naquela em que não há margem para elaborarmos uma visão pessoal, particular, a experiência perde seu lugar, torna-se rara.

Além disto, Larrosa (2017a) afirma que depois da informação vem a opinião. Aturdidos por uma avalanche de informações, os indivíduos se vêem compelidos a opinar sobre tudo. Aquele que não se coloca diante do que se passa é tomado por ultrapassado e desinformado. Assim como acontece com aquele que não responde imediatamente a todos os e-mails, a todas as mensagens, este é tido como mal educado e atrasado em relação ao tempo.

Tudo que se passa passa demasiadamente depressa, cada vez mais depressa. [...] O acontecimento nos é dado na forma de choque, do estímulo, da sensação pura, na forma de vivência instantânea, pontual e fragmentada. A velocidade com que nos são dados os acontecimentos e a obsessão pela novidade, pelo novo, que caracteriza o mundo moderno, impedem a conexão significativa entre acontecimentos. Impedem também a memória, já que cada acontecimento é imediatamente substituído por outro que igualmente nos excita por um momento, mas sem deixar qualquer vestígio. O sujeito moderno não só está informado e opina, mas também é um consumidor voraz e insaciável de notícias, de novidades, um curioso impenitente, eternamente insatisfeito. Quer estar permanentemente excitado e já se tornou incapaz de silêncio. Ao sujeito do estímulo, da vivência pontual, tudo o atravessa, tudo o excita, tudo o agita, tudo o choca, mas nada lhe acontece. Por isso, a velocidade e o que ela provoca, a falta de silêncio e de memória, são também inimigas mortais da experiência (LARROSA, 2017a, p. 22).

Segundo Felinto (2015) a busca por informações instantâneas e a aceleração tecnológica implicou numa aceleração da consciência e da percepção. Com a internet, o espaço desaparece e o tempo também se torna instantâneo. Nos tornamos, assim, sujeitos cercados de informações à procura da felicidade, esta também, instantânea. A nossa personalidade se vê desorientada pela fragmentação, a identidade se divide e ocorre uma ruptura com nosso tempo biológico natural. Em outras palavras, estamos sempre acelerados, em contato com muitas coisas ao mesmo tempo, porém nada nos acontece, não há experiência. Para que algo de fato aconteça ou nos toque:

[a experiência] requer um gesto de interrupção, um gesto que é quase impossível nos tempos que correm: requer parar para pensar, parar para olhar, parar para escutar, pensar mais devagar, olhar mais devagar e escutar mais devagar; parar para sentir, sentir mais devagar, demorar-se nos detalhes, suspender a opinião, suspender o juízo, suspender a vontade, suspender o automatismo da ação, cultivar a atenção e a delicadeza, abrir os olhos e os ouvidos, falar sobre o que nos acontece, aprender a lentidão, escutar aos outros, cultivar a arte do encontro, calar muito, ter paciência e dar-se tempo e espaço (LARROSA, 2017a, p.25, *grifo nosso*).

Quando se pensa na educação, sobretudo na formação do professor, parece mais difícil ainda suspender a opinião, já que a dinâmica estabelecida na maioria das escolas está pautada pela produtividade e reprodutividade de conteúdos. Romper com esta concepção bancária de Educação não é algo fácil, dado que a mercantilização do ensino e dos seus agentes nunca esteve tão presente em nosso cotidiano. Nas palavras de Santos (2016), nos tempos atuais, faz-se necessário transformar o professor, tirá-lo da zona de conforto, ou seja, romper com a ideia de que ele é o único detentor do saber. Faz-se necessária a busca por utopias realizáveis, compatíveis com as experiências transformadoras dos indivíduos e do mundo. Dentro do sistema de educação tradicional que prevalece nas escolas hoje, as experiências que geram transformações, como, por exemplo, os saberes não acadêmicos vindos dos povos afrodescendentes e dos indígenas, não encontram ressonância.

Nesta busca, a HFC como área de conhecimento pode provocar a suspensão do automatismo da ação, uma vez que o saber não é veiculado de forma pronta e acabada, na forma de um algoritmo ou de um modelo perfeitamente representativo da realidade. A contextualização histórica provoca uma imersão no conhecimento científico, é uma maneira de alargar a noção de espaço-tempo, uma vez que evidencia o modo como o conhecimento é construído.

A própria Química guarda uma relação com o tempo que, via de regra, passa despercebida. As ciências históricas, como apontamos nos **Caminhos da Pesquisa**, apresentam um tipo de racionalização no qual os eventos investigados não são passíveis de serem reproduzidos em laboratório. O que resulta em um método “mais deliberativo do que simplesmente de cálculo, mais interpretativo do que puramente factual, e mais histórico do que experimental” (FRODEMAN, 2001, p. 44). Esta diferença entre a forma de operar das ciências

históricas e o das experimentais, evidencia a falácia que é propagada na sociedade e também nas escolas de que a ciência funciona de acordo com um método científico, objetivo e infalível. Sobre este aspecto, Frodeman coloca:

[...] a ciência não é apenas uma única coisa, mas antes uma grande variedade de perspectivas e de técnicas de raciocínio, incluindo (mas não limitadas a ela) a dedução, vários tipos de indução, de abdução e de semiose e o raciocínio por analogia. A última, é importante notar, tem, na raiz, um modo literário de pensamento – um facto ignorado por alguns, tanto na literatura como nas ciências (FRODEMAN, 2001, p. 44).

Aparentemente, como aponta Frodeman (2001), espaço e o tempo não interferem na maneira de raciocínio de um químico ou um físico, pois o laboratório lhes permite controlar as condições nas quais um determinado experimento é realizado. Com o conhecimento que temos sobre os aspectos cinéticos e termodinâmicos dos processos, o químico consegue controlar a velocidade de uma reação química e alterar o seu rendimento, algo que tem um impacto direto sob a atividade industrial a qual busca maximizar o rendimento dos processos no menor espaço de tempo possível, no intuito de reduzir seus custos. No entanto, o tempo e a história são aspectos a que nenhuma ciência pode escapar. Uma transformação química leva um certo tempo para ocorrer e qualquer transformação química é histórica na medida que guarda em si certa especificidade que a diferencia de outra reação.

CAPÍTULO 3. EXPERIÊNCIA NAS EPISTEMOLOGIAS DO SUL

3.1. A Construção de uma epistemologia que considere a experiência do sujeito

Uma epistemologia do Sul assenta em três orientações:

aprender que existe o Sul;

aprender a ir para o Sul;

aprender a partir do Sul e com o Sul.

(SANTOS *apud* SANTOS, 2010, p. 15)

A epígrafe acima apresenta três orientações sobre as quais se assenta uma epistemologia do Sul, além de um desafio. As orientações estão claras, já o desafio se lança para além da palavra e sua posição geográfica. A ideia, apresentada por Boaventura de Sousa Santos (2010), denomina-se, segundo o próprio autor, “Epistemologias do Sul”.

Trata-se de uma intervenção epistemológica, com viés político, que propõe um conjunto de procedimentos no intuito de que procura validar o conhecimento produzido pelos grupos marginalizados e oprimidos socialmente. Trata-se, portanto, de um conhecimento nascido na e da luta. Para Santos (2010) as formas de opressão se caracterizam em três frentes: o patriarcado, o capitalismo e o colonialismo. Antes, é importante entendermos o significado que o autor atribui ao termo “Sul”:

O Sul é aqui concebido metaforicamente como um campo de desafios epistêmicos, que procuram reparar os danos e impactos historicamente causados pelo capitalismo na sua relação colonial com o mundo. Esta concepção do Sul sobrepõe-se em parte com o Sul geográfico, o conjunto de países e regiões do mundo que foram submetidos ao colonialismo europeu e que, com exceções como, por exemplo, da Austrália e da Nova Zelândia, não atingiram níveis de desenvolvimento econômico semelhantes ao do Norte global (Europa e América do Norte) (SANTOS, 2010, p. 19).

Vale salientar que a sobreposição, como coloca Santos (2010), não é total, pois no Norte geográfico existem grupos sociais que foram submetidos à dominação capitalista e colonial, assim como no Sul geográfico existem pequenas “ilhas” que se beneficiaram destas formas de opressão e que se

constituíram em oligarquias, as quais, após a independência das colônias, continuaram a exercer o poder.

As epistemologias do Sul existem como uma força contra a dominação das epistemologias do Norte. Portanto existem as epistemologias do Sul porque existem também as do Norte. Estas últimas referem-se ao paradigma que se denomina de ciência moderna. Este paradigma nasce no século XVI, pelas mãos de Nicolau Copérnico, Galileu Galilei e Isaac Newton, atingindo sua plenitude no século XIX, época em que a ciência promoveu um desenvolvimento técnico e social sem precedentes em nossa história.

O problema desta epistemologia é que ela se assenta na ideia de que há apenas uma única forma de conhecimento válida e se fundamenta em um corpus de saberes novos, calcado em uma matriz positivista, e que tem como principais características a substituição da experiência do mundo pela experimentação; a separação entre o sujeito e o objeto; busca da verdade por meio da observação de regularidades que irão se afirmar sobre a forma de leis da natureza e da sociedade (SANTOS, 1989, 2009, 2011).

A ciência moderna ao se consolidar como uma forma de conhecimento supostamente objetiva e neutra, nega outras formas de conhecimento como o senso comum, a filosofia e a teologia e impõe seus valores e concepções ao resto do mundo. Esta imposição é embrutecedora, pois os saberes, ao invés de contribuírem para a emancipação do indivíduo, acabam se transformando em instrumento de dominação.

Este é o sentido desta escrita, promover uma discussão dos limites desta forma de conhecimento, dando voz aos aspectos epistemológicos, históricos, éticos e políticos da ciência moderna. Para tanto, vamos fazer uma articulação entre o pensamento de Santos com alguns aspectos da nova historiografia da ciência, a partir dos trabalhos de Juan José Saldanã (2000) e Silvia Figueirôa (1998, 2000) sobre as práticas científicas na América Latina, e, também, das propostas do professor e pesquisador Kapil Raj (2010) que aborda a circulação e a construção de conhecimentos entre a Ásia Meridional e a Europa Ocidental. A escolha desses autores visa justamente questionar a ideia de um conhecimento genuinamente eurocêntrico, que se difunde de forma passiva do centro para a periferia, além de ressaltar como os fatores sociais e históricos influenciam na atividade científica.

Raj (2010) afirma que, nas últimas décadas, os historiadores da ciência têm voltado o seu olhar para as práticas realizadas fora do espaço europeu. É uma perspectiva que contempla os chamados Estudos Sociais das Ciências que, por um lado, explora a pluralidade interna da ciência, e por outro, aceita que existem muitas tradições e dinâmicas de conhecimento nacionais e locais espalhadas ao redor do mundo. Disto resulta o enfraquecimento do entendimento tradicional de que a ciência moderna tem sua própria lógica de desenvolvimento, baseada em regras e métodos rigorosos, imutáveis, explícitos e empiricamente testados, e que guardam total independência das questões históricas.

Os estudos inseridos nesta nova perspectiva buscam compreender como se dá a criação, a manutenção, a extensão e a reconfiguração do conhecimento científico, a partir de seus aspectos material, instrumental, prático, social e político. Assim, ao invés das grandes narrativas, como por exemplo, o estudo da mecânica newtoniana e das leis de Kepler, estes historiadores da ciência optam por estudos de caso que demonstram a natureza negociada, contingente e situada das proposições, habilidades e objetos que constituem o conhecimento natural. O olhar se volta para espaços como laboratórios, observatórios e museus, mas também cabines de curiosidades, jardins botânicos, zoológicos, livrarias e hospitais, na busca por compreender a atividade científica em suas relações complexas com a sociedade, o estado e a economia.

Santos (2010) acredita que há possibilidade de reconhecer o mundo e toda sua pluralidade e diversidade, e isto no plano epistemológico tem uma perspectiva de alcance não só espacial como também intelectual, pois traz à superfície saberes que ficaram excluídos e que podem trazer contribuições, quando não transformar radicalmente, o conhecimento tido como científico. As “Epistemologias do Sul” estão centradas no que atualmente o autor denomina como “ecologia de saberes”. Tal pensamento parte do pressuposto de que não existe uma unidade de conhecimento. Daí a necessidade de explorarmos a pluralidade interna da ciência, ao mesmo tempo em que buscamos promover a integração e a interdependência entre os saberes científicos e não-científicos.

A ecologia dos saberes pressupõe uma harmonia entre as inúmeras formas de conhecimento, independentemente de sua origem. É um saber que,

dialogado, promove a interculturalidade⁴ entre os povos. Trata-se, portanto, de negar a hegemonia de uma visão de mundo eurocêntrica que a partir do século XVI, impôs ao resto do mundo as suas “concepções de passado e de futuro, de tempo e espaço, de valores e instituições” (SANTOS, 2010, p. 519).

A intervenção epistemológica realizada por Santos soma-se a outros esforços de historiadores e filósofos da ciência que criticam este modelo de racionalidade global, por considerarem que sua matriz epistêmica, dentre outros aspectos, não privilegia o particular, o contexto local no qual as práticas científicas se desenvolvem ao longo dos tempos. Esta é uma questão amplamente discutida na historiografia e que nos permite realizar alguns questionamentos vinculados à forma como a ciência é difundida na sociedade e no ensino formal. Por exemplo, quando pensamos no nome de algum cientista, geralmente, o que nos vem à mente é o nome de alguém que o senso comum considera ser de grande relevância como Kepler, Newton, Lavoisier ou Darwin. Outro aspecto intrigante é o fato de os manuais escolares ressaltarem os feitos provocados por cientistas situados nos chamados grandes centros, sem dar espaço a personagens vinculadas a regiões como América Latina e Ásia Meridional. Estes aspectos, como descreveremos a seguir, escondem uma das faces da ciência moderna, o seu viés político que atua a serviço da dominação do Sul pelo Norte.

Na década de 1950 houve uma primeira tentativa de investigar a prática científica na América do Sul. As conclusões desses trabalhos indicavam que as práticas científicas realizadas antes do século XX não haviam sido efetivas, nem contínuas, o que revela serem elas análises realizadas sob a lente de uma historiografia tradicional, que nega a prática científica fora dos grandes centros, no caso a América do Norte e a Europa (SILVA, 2014). No trecho que segue, Juan José Saldaña ressalta o preconceito embutido em tais pesquisas:

Abordar histórias laudatórias, cronologias de acontecimentos e relatórios comemorativos que buscavam levantar a experiência científica latino-americana, exibindo assim uma pobreza metodológica e escassa compreensão de suas peculiaridades. Outros, ao contrário,

4 Santos (2010) discute a necessidade de resgatar “uma experiência originária de interculturalidade”. No princípio houve interculturalidade e dela passamos à culturalidade. Precisamos realizar este resgate, pois somente um ocidente intercultural poderá querer entender a interculturalidade do mundo e contribuir ativamente para ela. A mesma ideia irá se aplicar a outras culturas do mundo no passado e no presente.

pretendiam desenvolver o que se chamou história “das contribuições” de latino-americanos para a ciência universal (SALDAÑA, 2000, p.13).

É importante salientar, como explica Figueirôa (1998), que até a institucionalização das ciências naturais no Brasil, que ocorre na transição para do século XIX para o XX, a historiografia tradicional considera como praticamente inexistente qualquer atividade científica no país. É recente o reconhecimento da atividade científica na América Latina, o cuidado em saber quem eram os cientistas locais e como era sua inserção social, quais atividades desenvolviam e que princípios teóricos e metodológicos nortearam suas ações no período anterior ao século XX. Segundo Dantes é fundamental que os historiadores procurem compreender a ciência desenvolvida em outras épocas com um olhar desprendido do ideário dominante nos dias de hoje, sob pena de empobrecermos a visão possível a respeito da produção científica naquele período.

Os cientistas de outros tempos trabalhavam de uma forma muito diferente do que entendemos hoje por ciência. Primeiro não eram “profissionais da ciência” e se dividiam em múltiplas atividades. Também, as concepções que seguiam, as atividades que desenvolviam, ou os instrumentos que utilizavam, eram, muitas vezes, diferentes dos atuais (DANTES, 2005, p.26).

Segundo Saldaña, a historiografia empregada na análise da História das Ciências nacionais “padeceu dos limites dados por sua matriz positivista e pelo ‘mimetismo historiográfico’⁵ e conduziu a uma visão estreita do passado”, segundo a qual questões teóricas específicas da história de cada país não são levadas em conta (FIGUEIRÔA, 1998, p. 108). Vale ressaltar, que a constatação de Figueirôa (2000) não se refere à ausência de estudos sobre as ciências na América Latina, mas sim ao fato de que essa história é vista sob a lente de uma ciência universal, positivista e à margem de contextos específicos. A lente que pressupõe uma ciência universal sustenta a ideia de que, no decorrer do século XVIII, a América do Norte desenvolveu ciência, ao passo que os países situados na América Latina seriam apenas objeto de interesse científico de “sábios

5 O mimetismo historiográfico está relacionado à persistência de visões eurocêtricas e inadequadas para pensar a realidade técnico-científica da América Latina.

européus”. Para a historiografia tradicional foi apenas a partir do século XIX, com a independência das colônias latino-americanas, que as ciências experimentaram algum desenvolvimento na região. Os estudos produzidos sob este viés descrevem uma história com um perfil metodológico pobre e ausente de profundidade, porque, no mais das vezes, marginalizam todas as peculiaridades que o objeto oferece, incorrendo em uma problemática epistemológica.

Saldaña (2000) ressalta que, a partir dos anos 1980, ocorre uma tomada de consciência acerca dos problemas epistemológicos inerentes à história tradicional das ciências e da tecnologia. Surge a busca por uma originalidade epistemológica e pelo uso de uma linguagem nova, capaz de nomear situações e ações científicas nunca antes consideradas pelos historiadores da ciência.

A resolução desta problemática epistemológica passa pelo entendimento de que a difusão científica nas regiões periféricas não se separa do processo de recepção, que não é apenas material, mas também conceitual, ideológico, político e cultural.

O surgimento de novas perspectivas e abordagens metodológicas diferentes da tradicional. Passou-se a relacionar mais diretamente atividades científicas com fatores sociais significativos, o que possibilitou a emergência de personagens e circunstâncias, instituições e práticas, e de políticas e teorias, entre outros. Estes trabalhos apresentam contribuições inegáveis uma vez que ampliaram as informações disponíveis sobre as ciências nacionais⁶.

Não temos a intenção de exaurir esse debate historiográfico, mas consideramos necessário trazer à tona discussões sobre como os historiadores da ciência começaram a fomentar uma nova perspectiva epistemológica, na busca por compreender as práticas científicas desenvolvidas em regiões que historicamente ficaram à margem da chamada *mainstream science*. Neste sentido é interessante destacar diferentes visões acerca do processo de difusão e recepção de conhecimento.

6 No bojo desta transformação ocorreu a fundação da Sociedade Latino Americana de História das Ciências e Tecnologia (1982) e a criação de Quipu (1984) - Revista Latino americana de Historia de las Ciencias y la Tecnología – que se transformou em um veículo importante para o debate que envolveu a busca por uma nova historiografia para nosso contexto.

Em sua obra *Relocating Modern Science*, Raj (2010) ao abordar a circulação de conhecimento entre a Europa Ocidental e Ásia Meridional faz alguns questionamentos importantes para esta discussão: o processo de transmissão e aquisição de conhecimentos e habilidades nos espaços de encontro intercultural ocorre por um simples processo de recepção ou haveria um processo ativo de reelaboração dos saberes circulantes? O conhecimento fora do espaço europeu pode ter sido reconstruído e certificado? E, afinal, estes conhecimentos eram transportáveis, ou seja, havia um processo real de deslocamento? O caminho para responder a estas questões passa pelo entendimento da ideia de **zona de contato** e o **conceito de circulação**.

Em seu processo investigativo, Raj (2010) rompe com a estrutura difusionista centro-periferia e procura entender como os homens, os objetos, suas práticas e seus saberes incorporados se transformam a partir do fenômeno de deslocamento. Esta é a ideia do conceito de circulação, que para o autor não remete a ideia de movimento, como a palavra sugere, mas a um processo dinâmico de transformações que podem ocorrer nos processos de idas e vindas de um dado saber. Ao estudar os processos de circulação entre diferentes culturas, como Índia, Grã-Bretanha, França e mais recentemente Portugal, Kapil Raj rompe com a ideia de que algo que foi criado irá se difundir para outras regiões sem se transformar. É uma nova maneira de enxergar a dinâmica do conhecimento, de romper com uma visão eurocêntrica segundo a qual os conhecimentos seriam criados, acumulados e depois difundidos para outras regiões do mundo.

Esta é uma visão equivocada, até porque, mesmo em épocas passadas, a difusão de conhecimentos também acontecia da periferia para os centros hegemônicos. Um exemplo disto está na própria crise da alquimia durante o período renascentista. Apesar das controvérsias em relação ao saber alquímico, a partir do advento da imprensa de Gutenberg, em meados do século XVII, sábios cristãos, divididos entre o desejo de combater o inimigo oculto e, ao mesmo tempo, de ter acesso aos conhecimentos deles, realizou a tradução de boa parte do acervo alquimista para o latim, promovendo, assim, o acesso e a circulação desses saberes pela Europa. A respeito da difusão dos saberes alquímicos, Bensaude-Vincent e Stengers argumentam:

[...] os desafios intelectuais, políticos e teológicos da doutrina alquimista, que puseram em evidência as relações entre os poderes humanos, as transformações da matéria e os segredos da criação e da salvação, ganharam sem dúvida uma nova intensidade no mundo cristão. Isto porque a alquimia ia inscrever-se num mundo em crise, onde o desenvolvimento dos centros urbanos e das atividades intelectuais, comerciais e artesanais, desestabilizava as distinções entre saberes pagãos e saberes revelados, entre a procura da salvação e práticas produtivas, entre fé e razão (BENSAUDE-VINCENT E STENGERS, 1996, P. 30).

Ao pensarmos na passagem da alquimia à química, torna-se necessário considerar que este conflito entre fé e razão e as necessidades produtivas do período colocam em xeque a linguagem mística e oculta do alquimista. Termina, assim, a época dos manuscritos não datados, cujas as autorias eram duvidosas. Com a imprensa, o conhecimento circula e, ao se tornarem acessíveis, os textos podem ser debatidos, reescritos e confrontados sob diferentes pontos de vista.

3.3. Experiências coloniais

Neste item, procuramos compartilhar algumas experiências que dialogam com as Epistemologias do Sul. Os historiadores da ciência que investigam as práticas científicas no período colonial têm lançado mão de diferentes meios – diários de viagens, cartas, mapas e ilustrações - para acessar o conhecimento produzido nestas regiões. O estudo do período colonial permite trazer à superfície discussões em torno do processo de recepção e difusão dos saberes circulantes e de como estes conhecimentos eram transportáveis de uma região para outra.

Segundo Filgueiras (2015), existem poucos trabalhos que investiguem a existência de atividades na área da química em nosso período colonial. Em parte, isto ocorre em função do que ele chama de mimetismo historiográfico que marcou os estudos no período colonial. A busca por uma renovação conceitual que rompesse com a historiografia tradicional e a realização de análises sobre as práticas científicas em períodos cada vez mais precoces da história nacional, descortina um universo experiencial único. No período colonial, por exemplo, praticavam-se técnicas de extrativismo mineral, de produção de medicamentos, produção de pigmentos e até mesmo o fabrico de pólvora para defesa do país.

Em alguns aspectos, o conhecimento estabelecido aqui atinge um nível técnico compatível ao da Europa, como mostra a seguinte passagem:

Muitas técnicas, de natureza distintas, estabeleceram-se no Brasil do século XVIII. Em alguns casos é até surpreendente ver a que ponto se chegou, em vários casos num nível técnico compatível com o que se fazia na Europa na época. Basta pensar na importância que tinha o conhecimento técnico na principal atividade econômica da época, a mineração e a metalurgia (FILGUEIRAS, 2015, p. 86).

Apesar das dificuldades em acessar as fontes de informação em função de sua dispersão, o estudo do conhecimento técnico do período tem revelado dados interessantes, muitas vezes não contemplados pela historiografia tradicional (FILGUEIRAS, 2015). A respeito das técnicas que se estabeleceram no Brasil no decorrer das atividades econômicas de mineração e de metalurgia, Paiva (2002) argumenta que os escravos africanos eram conhecedores de técnicas de mineração do ouro e do ferro, além de dominarem a fundição de metais. Grande parte do ouro extraído durante todo os anos setecentos nas capitanias de Minas Gerais, de Goiás, de Mato Grosso e da Bahia, foi recolhido por meio de técnicas introduzidas pelos africanos como o uso das bateias, carumbés, tabuleiros e do couro de boi. Tais técnicas eram desconhecidas pelos europeus, o que evidencia não só uma real circulação de conhecimento, mas uma circulação às avessas, que se dava da periferia para a metrópole.

A adoção de técnicas introduzidas pelos africanos é um elemento que mostra que nos espaços de contato intercultural, há um processo ativo de recepção e reelaboração dos saberes. Dar voz a estes aspectos é uma forma de ressaltar o gesto de força e de intelecto dos povos que sofreram as mazelas do colonialismo.

Dentre os ensinamentos que resultam da experiência colonial, Freire (2000) coloca que o primeiro e mais fundamental é o que funda nossa decisão de não aceitar a exploração, de não aceitar as injustiças que nos foram impostas e de ressaltar a nossa capacidade de sermos nós mesmos, de criar e melhorar o mundo.

Certamente o passado jamais passa no sentido que o senso comum entende *passar*. A questão fundamental não está em que o passado passe ou não passe, mas na maneira crítica, desperta, com que

entendamos a presença do passado em procedimentos do presente (FREIRE, 2000, p. 75).

Em suas análises Freire aponta para a presença devastadora do opressor, com seu espírito de dominar o território do outro, não apenas no que tange ao espaço físico, mas também em relação ao que é histórico e cultural, porque visa sempre destruir a cultura local e impor a sua lógica tida como superior. Os historiadores da ciência, ao contemplarem as relações entre colônia e metrópole, realizam descobertas que mostram que o sujeito pertencente à colônia, mesmo estando em uma condição assimétrica de poder, exerce sua capacidade criativa e de resistência.

Acerca dessas relações, Mary Louise Pratt (1999) narra o episódio de um manuscrito da região de Cuzco, no Peru, datado do ano de 1613, cerca de quatro décadas após a derrocada do Império Inca frente aos espanhóis. Este manuscrito, descoberto em 1908 por um especialista em estudos peruanos, é uma carta endereçada por um andino ao rei Felipe III da Espanha, contendo o número impressionante de mil e duzentas páginas, entre textos escritos e desenhos feitos à pena com chamadas explicativas. O título da carta era “A Nova Crônica e Bom Governo e Justiça”, e trazia como conteúdo a presença dos povos indígenas na América, aspectos de sua cultura e a denúncia das injustiças cometidas pelos espanhóis em relação ao seu povo.

Ele começava pela reescrita da história da cristandade, para incluir os povos indígenas da América, passando então, a descrever com grande detalhe a história e os modos de vida dos povos andinos e de seus líderes. A isto se seguia uma abordagem revisionista da conquista espanhola e centenas de páginas documentando e denunciando a exploração e os desmandos espanhóis (PRATT, 1999, p. 25).

A carta do andino termina com uma entrevista imaginária, alertando o rei em relação as responsabilidades dos espanhóis e propõe uma forma de governo colaborativa entre ambos os povos. Pratt chama a atenção para o longo período em que este manuscrito ficou desconhecido, fato que revela que este tipo de estudo só começa a ganhar força a partir da década de 1970, quando a historiografia tradicional cedia espaço “aos estudos interpretativos e os elitismos eurocêntricos perdiam força em favor dos pluralismos pós-coloniais” (1999, p. 27). Esse caso ilustra a riqueza intelectual do período colonial e sua história

trágica exemplifica as possibilidades do que se encontra no que a autora chama de **zona de contato**, assim conceituada:

[...] espaços sociais onde culturas díspares se encontram, se chocam, se entrelaçam uma com a outra, frequentemente em relações extremamente assimétricas de dominação e subordinação – como o colonialismo, o escravagismo, ou seus sucedâneos ora praticados em todo o mundo (PRATT, 1999, p. 27).

Os estudos que analisam a dinâmica que ocorre em uma zona de contato permitem, dentre outros aspectos, realizar uma inversão de lentes, ou seja, mostrar como um povo submetido a uma condição de inferioridade efetivamente determina, em maior ou menor grau, os elementos da cultura dominante que absorvem e utilizam em sua própria cultura.

Se a metrópole imperial tente a ver a si mesma como determinando a periferia (seja, por exemplo, no brilho luminoso da missão civilizatória ou na fonte de recursos para o desenvolvimento econômico), ela é habitualmente cega para as formas como a periferia determina a metrópole [...] (PRATT, 1999, p. 31).

Acerca deste aspecto, Haddad (2011) destaca o trabalho realizado pelo holandês Linschoten, que permaneceu em Goa, ex-colônia portuguesa, por mais de cinco anos após a independência da região. Em seu retorno à Europa, quase uma década depois, ele começa a publicar relatos de viagem e instruções náuticas. Na principal publicação, o *Itinerário*, ganhou versões não apenas em sua língua materna, mas em inglês, latim, alemão e francês. Além de ser uma obra que propagava o conhecimento sobre o Estado português da Índia, o que de imediato despertou o interesse político e econômico de outros Estados, Linschoten oferece relatos preciosos sobre os modos e costumes dos portugueses em relação aos habitantes de Goa, revelando, assim, como se deram as interações entre as diferentes culturas. A respeito deste episódio, Haddad escreve:

Um conhecimento das coisas sociais, o controle disciplinar de si e do outro, o conhecimento das paixões das almas. Trata-se de saberes mais tácitos, relacionados com o comportamento e o controle das formas de interação. A “zona de contato” colonial, onde se desenrola o encontro entre as culturas e agentes envolvidas, exige habilidades dessa natureza. [...] existe uma pré-etnografia que permeia o encontro

e permanece informando as ações e as relações da zona de contato (HADDAD, 2011, p. 157).

Este contato entre diferentes culturas revela algo que o autor denomina de “etnografia implícita”, que remete às imagens e aos pensamentos que os membros de uma sociedade formam em relação ao outro, sem enunciar. A narrativa conduzida por Linschoten lança uma crítica moral ao modelo de colonização portuguesa, por ser permissivo no que diz respeito aos processos de miscigenação, o que, segundo ele, seria responsável pelo fracasso do empreendimento dos portugueses no Oriente. Sob a ótica das propostas de Pratt (1999), a aventura lusitana no Oriente ajuda-nos a evidenciar como a “periferia” também molda a cultura tida como superior.

Outro aspecto que reflete a reelaboração de saberes remete as práticas de observação que ocorriam durante as Viagens Filosóficas. Realizadas nas colônias portuguesas entre 1777 a 1808, tais práticas desenvolvidas pelos naturalistas no campo, eram orientadas sobre a melhor forma de coletar, preparar, remeter e transportar os produtos para a metrópole, por meio das chamadas instruções de viagens (PATACA; PINHEIRO, 2005; PATACA, 2011). Este empreendimento cumpriu objetivos muito claros de reconhecimento e apropriação dos recursos naturais das colônias portuguesas, de circulação de espécies e o desenvolvimento da agricultura. Para a coroa portuguesa o interesse na realização dessas viagens estava relacionado a uma tentativa de superar a crise econômica que atingia o país à época, por meio de uma política de expansão do território colonial voltado para o fomento de sua indústria. Era preciso encontrar maneiras de diminuir a dependência de Portugal em relação às potências europeias.

A partir de suas viagens pela Itália, o naturalista Domingos Vandelli (1735-1816) escreve o manuscrito *Viagens Filosóficas*, que fornece aos viajantes todo o instrumental teórico e prático acerca dos locais a serem percorridos, “da forma de recolher, preparar, representar e remeter os produtos naturais, do caráter das observações científicas, geográficas, etnográficas, políticas e da forma de elaboração de diários e desenhos” (2011, p. 128). É interessante perceber que, com seu apurado espírito de observação, Vandelli produz um manuscrito que irá direcionar as práticas do naturalista, evidenciando como sua experiência obtida

em viagens pela Itália se molda para fins científicos, como Daston e Lunbeck (2011) argumentam em sua obra.

As viagens filosóficas de Vandelli evidenciam a importância da observação e da experimentação no conhecimento da natureza (PATACA, 2016). A passagem a seguir, vincula esta ideia à Química.

Nas investigações os naturalistas seguiram as instruções de viagens, compostas com instrumental técnico-científico europeu, frequentemente referindo-se à mineração subterrânea e a aplicação da química, como a utilização do processo de amalgamação do ouro com mercúrio. No campo, os viajantes encontraram situações diferentes, especialmente na criação de técnicas de mineração, com a utilização de complexos processos hidráulicos a céu aberto. A tecnologia desenvolvida no Brasil utilizava máquinas para a drenagem da água. Desta forma, a implementação de técnicas e conhecimentos construídos na Europa não se encaixaram completamente nas condições locais, gerando algumas controvérsias e a sensação de atraso (PATACA, 2016, p. 63-64).

A partir da citação entendemos que as condições do meio e a tecnologia disponível no local gera a necessidade de adaptações, o que evidencia que os saberes produzidos no contexto europeu são reelaborados em função das necessidades locais.

Além desta importante contribuição com a elaboração das instruções de viagens, Vandelli ocupa um papel central na introdução das Ciências Naturais na Universidade de Coimbra, que ocorre durante as reformas pombalinas do sistema de ensino a partir de 1768. Convidado pelo governo português, Vandelli será o primeiro professor da universidade, responsável pela cátedra de Química. A maior parte de suas publicações versam sobre a História Natural, o que deixou a análise de seus trabalhos sobre a Química em segundo plano, como aquelas que propiciaram a fabricação de louças (FERRAZ, 1991). “A Química, em seu entendimento, teria o papel de auxiliar na descoberta e no reconhecimento dos produtos da natureza e para sugerir sua utilização e a técnica adequada para transformá-los” (FERRAZ, 1991, p. 73).

Mesmo após a queda de Pombal, Vandelli permanece no cargo, sendo substituído, em 1816, por um de seus discípulos, Tomé Rodrigues Sobral. Este tinha um grande interesse pela química, e mesmo antes de assumir o cargo de seu mestre, já publicara, em 1793, a tradução de uma das principais obras de Louis-Bernard Guyton de Morveau, o Tratado das Afinidades Químicas. Além

desta obra, Sobral publicou, também, uma série de memórias e artigos sobre extrativismo e análise de compostos minerais e vegetais, com base em materiais advindos inclusive das próprias colônias.

No que diz respeito ao ensino, havia uma dependência grande das colônias, principalmente do Brasil, em relação à metrópole. A expulsão da companhia de Jesus, em 1759, pelo Marquês de Pombal, possibilitou a criação de uma educação laica, apropriada às ciências modernas em Coimbra. Sem a educação eclesiástica e literária, que era praticamente a única forma de ensino no Brasil, muitos brasileiros filhos da elite local foram estudar em Coimbra sob a tutela de Vandelli. Formou-se, assim, a primeira geração de naturalistas, que mais adiante realizariam suas viagens filosóficas por aqui.

Alexandre Rodrigues Ferreira (1756-1815) foi o primeiro colaborador brasileiro de Vandelli. Após cinco anos de sua chegada, em 1770, e tendo estudado os produtos naturais do Museu da Ajuda em Lisboa, Ferreira voltou para o Brasil afim de estudar suas riquezas naturais. Outros três discípulos de Vandelli, Vicente Coelho de Seabra Silva Telles (1764-1804), José Bonifácio de Andrada e Silva (1763-1838) e Manuel Ferreira da Câmara Bittencourt e Sá (1762-1835), que chegaram em Coimbra por volta de 1783, irão se destacar pelos trabalhos em química (FILGUEIRAS, 2015).

É possível afirmar que dos três, Vicente Seabra seja o que mais se aproxima do que, na atualidade, chamamos de químico. Formado pela Faculdade de Filosofia e Medicina em Coimbra, publicou obras que demonstram interesse e conhecimento das novas ideias advindas dos químicos franceses. Ainda estudante, publicou em Portugal a obra *Dissertação sobre a Fermentação em Geral e suas Espécies* (1787). Em seguida, em 1788, teve mais dois trabalhos publicados: *Dissertação sobre o Calor e Elementos de Química*, esta última lançada em dois volumes (LUNA, 2013).

É por meio da última que Seabra inaugura a nova química em língua portuguesa, antecipando-se em um ano à publicação do *Tratado Elementar de Química* feita por Lavoisier. Consciente da importância de um manual para difusão e o ensino desta ciência, Seabra dedica sua obra a Sociedade Literária do Rio de Janeiro (1786), para que seja adotada em um curso de química. O segundo volume de seu manual foi editado em 1790. Nele, Seabra detalha as novas ideias químicas descritas na primeira parte da obra, dando exemplos e

referindo-se a experimentos realizados por Lavoisier. Discute, ainda, questões de afinidades químicas, chamando a atenção para a importância da nova nomenclatura criada por Lavoisier e seu grupo, o que possivelmente serviu de inspiração para publicar, em 1801, a *Nomenclatura Química Portuguesa, Francesa e Latina*, numa tentativa de adaptar, e não apenas traduzir para o Português, o *Méthode de Nomenclature Chimique* (ALFONSO-GOLDFARB; FERRAZ, 1990; FILGUEIRAS, 2015).

Um grande número de termos da química que utilizamos atualmente na língua portuguesa resultam dos trabalhos de Vicente Seabra, como Luna destaca:

A maneira como nos referimos aos gases cujos nomes terminam com o sufixo ‘-gênio’, por exemplo, foi uma decisão determinada por Vicente Seabra Telles para torná-los mais semelhantes com os termos cognatos em latim. É por causa dessa decisão [...] que hoje dizemos em português oxigênio, em lugar de *oxígeno*, que seria a tradução mais direta do termo original em francês, que é *oxigène*, e seguindo o mesmo mecanismo de termos semelhantes, como patógeno, também oriundo do francês (LUNA, 2013, p. 926).

Esta questão da nomenclatura evidencia o papel dos manuais na circulação de saberes, uma vez que atuam como veículos pedagógicos destinados a sintetizar os principais debates, teorias e conceitos a respeito do conhecimento científico, sendo reescritos de forma parcial ou total toda vez que a linguagem, a estrutura dos problemas ou as normas da ciência se modificam (Kuhn, 2013).

3.4. Dimensões teóricas e sociológicas da crise do paradigma vigente

Vivemos em um tempo de paralisia. O crescimento da desigualdade em regiões ditas desenvolvidas e o desmonte do estado de direito mostra que a socialdemocracia⁷ estabelecida após o período de guerra fria, não consegue dar respostas aos problemas que enfrentamos na atualidade, como por exemplo, as questões ambientais, os refugiados que chegam à Europa e a busca desenfreada por recursos naturais.

⁷ Trata-se de uma ideologia política que apoia intervenções econômicas e sociais do Estado para promoção de justiça social dentro de um sistema capitalista, e uma política envolvendo a construção de um estado de bem-estar social, sindicatos e regulação econômica.

Acerca destas questões, Santos (2014) coloca que o tempo atual configura uma nova guerra fria, não entre o capitalismo⁸ e o socialismo, mas entre o capitalismo neoliberal global⁹, sem vestígio nacionalista ou popular, e o capitalismo e a socialdemocracia capitalista. Sobre estes aspectos, Boaventura de Sousa Santos afirma:

O fim da guerra fria não foi apenas o fim do socialismo em sua versão histórica; foi também o fim da socialdemocracia europeia, a única então existente, pois a partir de então o capitalismo sentiu-se desobrigado de sacrificar os seus lucros imediatos para garantir a paz social sempre ameaçada pela existência de uma alternativa potencialmente mais justa (SANTOS, 2014).

A solução para essas questões remete à necessidade de uma emancipação social, que só será possível na medida em que se criar distância em relação às tradições teóricas que nos conduziram ao beco sem saída em que nos encontramos. A solução passa pela adoção de uma nova epistemologia, a qual precisa necessariamente incluir o chamado Sul, com sua energia, criatividade e diversidade cultural.

Os países em desenvolvimento precisam romper com a camisa de força ideológica que impõe a lógica dos grandes centros. Para isto, é necessário colocar em prática uma profunda e compreensiva transformação intelectual que afete em maior ou menor medida todos os ramos da ciência, da tecnologia, das humanidades e da educação. É necessário engendrar uma verdadeira revolução nos objetivos e métodos da investigação. Do ponto de vista ideológico isto implicará na “deseuropeização” da visão que temos de ciência, na criação de um novo paradigma segundo o qual a ciência passe a ser entendida como cultura (VESSURI, 1986).

Lembremos Vessuri (1986) quando ela nos apresenta a ideia de que ser cientificamente desenvolvido não significa necessariamente se mover como a Europa e para os Estados Unidos. O sistema capitalista se intrometeu nas

8 Santos distingue, em grandes linhas, as fases do capitalismo: “o do capitalismo liberal no século XIX, o do capitalismo organizado, que começa no final do século XIX, tem seu apogeu no período entre guerras e logo após a Segunda Guerra; e o terceiro, do capitalismo desorganizado, que começa por volta do final dos anos setenta” (OLIVEIRA, 2008, p. 48).

9 O capitalismo neoliberal é uma ideologia política e econômica que defende a participação mínima do estado na economia. De acordo com esta doutrina, deve haver total liberdade de comércio (livre mercado), pois este princípio garantiria por si o crescimento econômico e o desenvolvimento social de um país.

realidades nacionais de cada país. Não só pela intervenção política e econômica direta, mas também por oferecer estruturas conceituais pré-fabricadas para entendermos o mundo moderno, mas não entendermos o lugar em que estamos inseridos.

Romper com a lógica dos grandes centros, deseuropeizar a visão científica é algo que também encontramos no pensamento de Raj (2010), quando este coloca a necessidade de formalizar, de incluir os saberes que historicamente estiveram marginalizados. Cabe, portanto, aos historiadores não apenas estudar o trabalho das elites, mas, sim, compreender como as coisas se passam com outros personagens, como os laboratoristas e os cientistas comuns.

As ideias apresentadas até aqui contemplam algumas discussões historiográficas e um pouco do pensamento de Santos, o que já nos permitiria fazer reflexões em diferentes campos do saber. No entanto, em função dos interesses desta investigação, optamos por voltar ao final do século passado, quando o autor problematizou a forma como o paradigma dominante opera para, em seguida, apontar os sinais teóricos e sociológicos de sua crise, e, finalmente, traçar o perfil do paradigma emergente.

Não temos a intenção de esgotar as questões apresentadas até aqui. Nosso intuito é o de demonstrar as consequências para a Educação provocadas por uma visão de mundo pautada em uma forma de conhecimento que se assenta em um corpo epistêmico que mostra sinais de esgotamento, que necessita de novos sentidos.

A primeira obra que irá realizar este debate resulta de uma fala para abertura das aulas da Universidade de Coimbra nos anos de 1985 e 1986, na qual o autor defende adoção de uma posição epistemológica antipositivista¹⁰ e fundamentada sob a luz de ideias advindas da Física e da Matemática. Esta obra, intitulada *Um Discurso Sobre as Ciências* (1ª edição de 1987), foi publicada inicialmente no Brasil e nos Estados Unidos da América sob a forma de artigos¹¹. Nela encontramos a ideia de que o conhecimento científico é socialmente

10 O que caracteriza esta vertente é o fato de não reduzir a problemática da ciência apenas às questões epistemológicas, julgando necessário colocar também questões de ordem histórica e de ordem ética e política.

11 No Brasil o artigo encontra-se disponível na Revista do Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo, v. 2, nº 2, 1988, p. 46-71. Nos EUA na revista *Review of the Fernand Braudel Center*, vol. XV, nº 1, winter 1992, p. 9-47.

construído e que o seu rigor tem limites e implicações sob a forma como cada um de nós irá interpretar o mundo e que a sua suposta objetividade não implica necessariamente em uma neutralidade. É neste momento de transição, ao final do século XX e início do século XXI, que o autor identifica uma crise do paradigma dominante e os sinais de um novo paradigma emergente. Estas ideias são desenvolvidas e aprofundadas em livros posteriores como em *Introdução a uma Ciência Pós-Moderna* (1ª edição de 1989), *A Crítica da Razão Indolente: Contra o Desperdício da Experiência* (1ª edição de 2000) e *Conhecimento Prudente para uma Vida Decente: Um Discurso sobre as Ciências Revisitados* (1ª edição de 2003).

Ao analisar a situação das ciências no seu conjunto, Santos identifica a perda de confiança na ciência em relação ao seu potencial de resolução dos problemas da humanidade e a necessidade de voltar a realizarmos perguntas simples, como as feitas por Rousseau a respeito das ciências e os cientistas em seu *Discurso sobre as Ciências e as Artes* (1750).

[...] o progresso das ciências e das artes contribuirá para purificar ou para corromper nossos costumes? [...] há alguma relação entre a ciência e a virtude? Há alguma razão de peso para substituímos o conhecimento vulgar que temos da natureza e da vida e que partilhamos com os homens e mulheres da nossa sociedade pelo conhecimento científico produzido por poucos e inacessível à maioria? Contribuirá a ciência para diminuir o fosso crescente na nossa sociedade entre o que se é e o que se aparenta ser, o saber dizer e o saber fazer, entre teoria e prática (SANTOS, 2009, p. 16)?

Ao retomar as questões de Rousseau feitas em meados do século XVIII, Santos levanta os elementos que vão nortear sua crítica ao modelo de racionalidade que preside a ciência moderna.

As dúvidas sobre a real capacidade da ciência na solução dos principais problemas da sociedade descrita por Santos, são tema de inúmeras discussões curriculares que marcaram o ensino de ciências no ensino básico ao longo das últimas décadas. Neste sentido, é interessante destacarmos os estudos sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), que, sobretudo no período posterior a Segunda Guerra Mundial, lançaram propostas de integração entre educação científica, tecnológica e social, nas quais os conteúdos científicos e tecnológicos são estudados juntamente com a discussão de seus aspectos históricos, éticos, políticos e socioeconômicos (SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, 2000).

Ao ser colocado como única forma de conhecimento verdadeiro, este modelo de racionalidade nega qualquer outra forma de conhecimento que não compartilhe seus princípios epistemológicos e metodológicos. Desconsidera, por exemplo, as possíveis contribuições do conhecimento gerado através do senso comum, por desconfiar “das evidências da experiência imediata que, estando na base do conhecimento popular, passam a ser tidas como ilusórias” (OLIVEIRA, 2008, p. 18). Assim, criam-se as dicotomias que vão ratificar este modelo de racionalidade científica, “entre conhecimento científico e conhecimento do senso comum, por um lado, e entre natureza e pessoa humana, por outro” (SANTOS, 2009, p. 24).

Tal modelo de racionalidade se inicia com Bacon, considerado por muitos um dos precursores da ciência moderna, e ganha sua versão mais elaborada em Descartes. Acerca deste empreendimento filosófico, Oliveira argumenta:

A natureza passa a ser entendida como passiva, eterna e reversível, presidida por mecanismos desmontáveis e reconstituíveis sob a forma de leis, o que permite aos homens conhecê-la para dominá-la e controlá-la, permitindo ao ser humano tornar-se senhor e possuidor da natureza, como afirma Bacon. [...] É ainda Bacon quem aponta que a experiência ordenada permite acessar a certeza de que a razão entregue a si mesma não é capaz (OLIVEIRA, 2008, p. 18-19).

A partir de então a experiência é convertida em um elemento do método, isto é, uma etapa do caminho seguro e previsível em direção ao conhecimento. Como afirma Larrosa, a experiência perde sua subjetividade e sua singularidade, tornando-se um método da ciência objetiva, na busca pelo domínio e apropriação do mundo:

A experiência já não é o que nos acontece e o modo como lhe atribuímos ou não um sentido, mas o modo como o mundo nos mostra sua cara legível, a série de regularidades a partir das quais podemos conhecer a verdade do que são as coisas e dominá-las. [...] Uma vez vencido e abandonado o saber da experiência e uma vez separado o conhecimento da existência humana, temos um situação paradoxal. Uma enorme inflação de conhecimentos objetivos, uma enorme abundância de artefatos técnicos e uma enorme pobreza dessas formas de conhecimento que atuavam na vida humana, nela inserindo-se e transformando-a (LARROSA, 2017a, p. 33-34).

A concepção moderna de conhecimento carrega consigo esses pressupostos e, “portanto, a própria estruturação curricular que predomina nas

escolas se pauta por esta visão de mundo” (OLIVEIRA, 2008, p. 20). O conhecimento é discutido sob uma lógica disciplinar, onde é proibido transgredir este viés, cabendo ao professor o ensino de conteúdos já pré-estabelecidos, sem ultrapassar as barreiras de sua área de atuação. E assim chegamos, como afirma Larrosa, em uma “inflação de conhecimentos objetivos”, algo sem sentido, que não dialoga com o sujeito e com o mundo no qual se insere. São as contradições da aventura científica, sempre permeada de ambiguidades.

Ao manter fora do debate os saberes que não se alinham ao paradigma da ciência moderna, a escola se distancia de uma leitura de mundo mais democrática.

[...] tornar a escola um ambiente mais plural, mais integrado às diferentes culturas de origem dos alunos e professores, da criação de uma interlocução entre crenças, conhecimentos e modos de estar no mundo diferentes, fundamentados não na superioridade de uns sobre os outros, mas em um diálogo entre os diferentes, que permita a superação da hierarquização e das verdades únicas, da segregação excludente e dos traumas e problemas a ela associados, seja na escola, seja na sociedade em geral (OLIVEIRA, 2008, p. 70-71).

Por conseguinte, podemos destacar duas ideias que marcam esta forma de conhecimento: a ideia de que algo só terá relevância se for quantificável e a fragmentação do mundo em partes, ou seja, a redução de sua complexidade. Se a natureza é tida como passiva, eterna e reversível, o seu estudo será pautado em uma lógica analítica, na busca de regularidades, com vista a prever o comportamento dos fenômenos (SANTOS, 1989, 2009, 2011). São estas ideias que vão pautar a formulação de leis da ciência, gerando uma visão de mundo-máquina:

Segundo a mecânica newtoniana, o mundo da matéria é uma máquina cujas operações se podem determinar exactamente por meio de leis físicas e matemáticas, um mundo estático e eterno a flutuar num espaço vazio, um mundo que o racionalismo cartesiano torna cognoscível por via da sua decomposição nos elementos que o constituem (SANTOS, 2011, p. 64).

E Santos apresenta também as dimensões teóricas e sociológicas da crise deste paradigma. Dentre as dimensões teóricas, destacamos que o próprio aprofundamento do conhecimento científico acaba por revelar sua fragilidade. Neste aspecto os trabalhos de Einstein, que contribuíram para modificar as

concepções de espaço e tempo, e o advento da Mecânica Quântica, que coloca em questão o caráter probabilístico das medições ajudam a evidenciar os limites da concepção tradicional da ciência.

Heisenberg e Bohr demonstram que não é possível observar ou medir um objecto sem interferir nele, sem o alterar, e a tal ponto que o objecto que sai de um processo de medição não é o mesmo que lá entrou. [Disto resulta] a ideia de que não conhecemos do real senão o que nele introduzimos, [...] bem expressa no princípio da incerteza de Heisenberg: não se podem reduzir simultaneamente os erros de medição da velocidade e da posição das partículas; o que for feito para reduzir o erro de uma das medições aumenta o erro da outra (SANTOS, 2009, p. 43-44).

Portanto, se existe uma interferência do sujeito no objeto observado, isto nos leva ao entendimento de que o rigor do conhecimento científico é estruturalmente limitado. Em primeiro lugar, se o princípio da incerteza argumenta que não é possível determinar com exatidão a posição e a velocidade de uma partícula, pode-se concluir que as leis da Física guardam em si um caráter probabilístico, aproximado e provisório. Nesse sentido, como afirma Oliveira, a noção de lei vem sendo substituída gradativamente pelas noções de sistema, estrutura, de modelo e processo. Em segundo lugar, “se a totalidade do real não se reduz à soma das partes em que ela foi dividida para ser observada e medida, a hipótese do determinismo mecanicista é inviabilizada” (OLIVEIRA, 2008, p. 21). Por fim, se o sujeito interfere no objeto investigado, a ideia do pesquisador/observador neutro é colocada em questão, o que nos permite concluir que o conhecimento obtido de um processo investigativo não é em absoluto neutro e objetivo.

Em relação à dimensão sociológica da crise, Santos destaca, dentre outros aspectos, a perda da capacidade de autorregulação da ciência, sobretudo a partir do seu processo global de industrialização, que “acarretou o compromisso desta com os centros de poder econômico, social e político, os quais passaram a ter um papel decisivo na definição das prioridades científicas (2009, p. 57)”. Além disso, este mesmo processo gerou na comunidade científica uma disputa arbitrária e desigual por recursos e poder, disputa na qual grande parte dos cientistas acabam submetidos a um processo de proletarização de suas atividades. Por outro, o acesso ao capital aprofundou o abismo entre os

países centrais e os países periféricos em termos de desenvolvimento científico e tecnológico (SANTOS, 2009).

Em relação ao compromisso da atividade científica com os centros de poder econômico, social e político, é importante frisar que é uma situação que se estende também para a área da química. Outro problema reside no *status* ruim de qual a ciência goza junto à sociedade: se por um lado a indústria química possibilita o refino do petróleo, a produção de microchips para computadores, fármacos e polímeros, por outro, o esgotamento de recursos naturais, a contaminação do solo, a poluição da atmosfera e da água remetem a uma imagem negativa da química. Isto contribui para uma ideia difundida entre a maioria das pessoas de que “algo só é bom se não tiver química”. Se o produto é natural, significa que nele não há química, ou seja, é um produto que não prejudica a saúde. Esta imagem de que o que tem química não é bom está relacionada à imagem que a indústria química passou ao longo dos tempos e também à imagem de que ela seria uma ciência menor - menor do que a física, por exemplo -, uma espécie de ciência aplicada (BENSAUDE-VINCENT; SIMON, 2008).

Neste sentido, Bensaude-Vincent e Simon (2008) argumentam que existe uma contradição, pois é muito difícil concebermos nosso modo de vida atual sem os benefícios da água sanitária, dos purificadores de ar, dos inseticidas, das solas de borracha para nossos calçados e a resistência de inúmeros materiais, como o próprio nylon. Por outro lado, observamos o descarte de inúmeros materiais não degradáveis no ambiente.

Após descrever os princípios do paradigma dominante de ciência e as dimensões sociológicas de sua crise, Santos se dedica à tentativa de caracterizar a configuração do paradigma emergente, que além de científico é também um paradigma social. Trata-se de um exercício especulativo, onde o autor anuncia quatro teses em que se assentam este novo paradigma.

A primeira tese – **todo conhecimento científico-natural é científico social** – rompe com a dicotomia entre ciências naturais e sociais, ou seja, se funda na superação das distinções entre natureza e cultura, natural e artificial, vivo e inanimado, mente e matéria, observador e observado, subjetivo e objetivo, coletivo e individual, animal e pessoa. Esta aproximação entre ciências naturais

e sociais, além de resultar na valorização dos estudos humanísticos, modifica a concepção de natureza como um ente passivo a ser dominado e controlado.

A segunda tese – **todo conhecimento é local e total** – assenta na ideia de que a especialização da ciência moderna é resultado na restrição dos objetos de investigação. O aumento do rigor do conhecimento caminha em paralelo com a necessidade de proteção e controle das fronteiras entre os diferentes campos do saber. O conhecimento científico “sendo um conhecimento disciplinar, tende a ser um conhecimento disciplinado, isto é, segrega uma organização do saber orientada para policiar fronteiras entre as disciplinas e reprimir os que as quiserem transpor” (SANTOS, 2009, p. 74). A necessidade de reintegrar a universalidade, a totalidade dos conhecimentos é algo perceptível no caso das ciências aplicadas, como no caso da Medicina, da Farmacologia ou até mesmo na Economia.

No paradigma emergente, o conhecimento não se constitui em torno de disciplina, mas em torno de galerias temáticas por onde os conhecimentos progridem ao encontro uns dos outros. “O conhecimento avança à medida que o seu objeto se amplia, ampliação que, como a da árvore, procede pela diferenciação e pelo alastramento das raízes em busca de novas e mais variadas interfaces” (SANTOS, 2009, p. 76). Na visão de Santos, esta organização temática pressupõe a ideia de que os conceitos e teorias desenvolvidos localmente (conhecimento local) sejam conduzidos a outros lugares cognitivos, de modo a serem utilizados fora de seu contexto de origem (conhecimento total).

Como argumenta Kapil Raj, a relação entre o global e o local está no centro das principais discussões da nova historiografia da ciência:

Para essa nova maneira de compreender a ciência, todo conhecimento é local, ao contrário do que pensava a antiga historiografia da ciência, para quem as ideias científicas eram universais. Segundo essa concepção mais tradicional, as ideias eram aceitas pela força de suas bases epistemológicas e se alguém não aceitava determinada ideia, o problema era ele. Seja porque ele era atrasado, não-racional, ou porque estava imerso em uma sociedade que possuía barreiras ao desenvolvimento científico. Ainda segundo essa concepção, o local era o lugar da resistência e da não-aceitação de alguma ideia. [...] Para concluir, segundo a teoria da circulação, o local não é algo que está em guerra contra o global, nem que resiste a ele, mas o resultado histórico dos cruzamentos de diferentes áreas de circulação (RAJ, 2016).

Mesmo sem entrarmos em maiores detalhes, é interessante destacar o potencial dessa ideia para (re)pensar os conteúdos escolares e suas formas de organização de modo diferente daquele que vem predominando historicamente. Haira Emanuela Gandolfi (2014), por exemplo, apresenta uma proposta de ensino em uma perspectiva histórica, na qual propõe a leitura de textos originais escritos por personagens envolvidos na exploração do salitre durante os séculos XVIII e XIX no Brasil. Tal abordagem visa compreender o contexto de exploração e produção desse recurso natural, dando especial atenção aos conceitos químicos envolvidos.

A terceira tese – **todo conhecimento é autoconhecimento** – aponta para a superação da dicotomia entre sujeito e objeto. No campo das ciências sociais esta distinção sempre foi problemática, visto que os objetos de estudo são, tal como os pesquisadores, homens e mulheres. Por isto mesmo, estas ciências desenvolveram ao longo do tempo métodos em que há uma maior aproximação entre sujeito pesquisador e objeto pesquisado. No campo das ciências naturais, a Mecânica Quântica foi a primeira a discutir a ideia de que ao estudar um objeto, interferimos nele. E isto estabeleceu um limite para esta separação entre sujeito e objeto. Santos (1989, 2009, 2011), por fim, destaca que os sentidos que atribuímos ao conhecimento vinculam-se à nossa história, ou seja, nossas trajetórias de vida, nossos valores e crenças.

Por fim, a quarta tese – **todo conhecimento científico visa constituir-se em senso comum** – implica a necessidade de diálogo entre as diferentes formas de conhecimento e de penetração entre elas, sobretudo o conhecimento do senso comum, que segundo Santos, apresenta virtualidades para enriquecer nossa relação com o mundo:

É certo que o conhecimento do senso comum tende a ser um conhecimento mistificado e mistificador mas, apesar disso e apesar de ser conservador, tem uma dimensão utópica e libertadora que pode ser ampliada através do diálogo com o conhecimento científico. [...] O senso comum é transparente e evidente; desconfia da opacidade dos objetivos tecnológicos e do esoterismo do conhecimento em nome do princípio da igualdade do acesso ao discurso, à competência cognitiva e à competência linguística. O senso comum é superficial porque desdenha das estruturas que estão para além da consciência, mas, por isso mesmo, é exímio em captar a profundidade horizontal das relações conscientes entre as pessoas e entre pessoas e coisas. O senso comum é indisciplinar e imetódico; não resulta de uma prática especificamente orientada para produzir; reproduz-se

espontaneamente no suceder do quotidiano da vida (SANTOS, 2009, p. 89-90, *grifo nosso*).

Este diálogo entre o conhecimento do senso comum e o conhecimento científico é algo central nas Epistemologias do Sul, por credibilizar os saberes daqueles que estão excluídos e promover a interação entre os saberes científicos e não-científicos. E como realizar tal empreendimento que à primeira vista parece ser tão difícil, dado a nossa condição em relação as forças opressoras do capitalismo, do colonialismo e do patriarcado? O caminho encontrado pelo sociólogo foi dar voz a um conjunto de práticas e saberes que naturalmente não seriam conhecidas, através de um projeto de investigação denominado ALICE¹² – Espelhos estranhos, lições imprevistas: definindo para a Europa um novo modo de partilhar as experiências do mundo, um projeto financiado pelo Conselho Europeu de Investigação (ERC). É nesta ideia que se assenta a ecologia dos saberes, uma harmonia entre as diferentes representações do mundo.

Ao estabelecer uma aproximação com a educação, Oliveira assinala o potencial dessa ideia para pensarmos a ação pedagógica:

Considerando a necessidade de atribuir sentido aos conteúdos escolares para que ocorra aprendizagem efetiva, parece evidente que o diálogo entre os conhecimentos do educando e os conhecimentos escolares – os primeiros associáveis, mas não idênticos ao senso comum, e os segundo, ao conhecimento científico – a possibilidade de atribuir sentidos aos últimos depende do seu próprio potencial de diálogo com os primeiros, o que, aliás, já sabia Paulo Freire (OLIVEIRA, 2008, p. 34-35).

É no diálogo entre as diferentes visões de mundo que o conhecimento do senso comum irá se constituir em conhecimento científico. É uma premissa que rompe com a ideia de obstáculo epistemológico de Bachelard, que considera que a tarefa da ciência é substituir o conhecimento do educando, tido como ilusório e equivocado, pelo conhecimento científico, racional e válido:

Na educação, a noção de obstáculo pedagógico também é desconhecida. Acho surpreendente que os professores de ciências, mais do que outros se possível fosse, não compreendam que alguém não compreenda. [...] Os professores de ciências imaginam que o

12 Para conhecer o projeto ALICE, sugerimos visitar o seu site: <alice.ces.uc.pt/>. Acesso em: 07 fev. 2018.

espírito começa como uma aula, que é sempre possível reconstruir uma cultura falha pela repetição da lição, que se pode fazer entender uma demonstração repetindo-a ponto por ponto. Não levam em conta que o adolescente entra na aula de física com conhecimentos empíricos já construídos: não se trata, portanto, de *adquirir* uma cultura experimental, mas sim de *mudar* de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana (BACHELARD, 1996, p. 23).

Uma educação que tenha por finalidade a humanização do Homem nos coloca diante da necessidade de incorporar ao conjunto epistêmico da ciência a complexidade, a reflexividade, a intercomunicação de significados, a articulação crítica entre ética e política, ressignificando, assim, os sentidos de progresso e desenvolvimento científico.

CAPÍTULO 4. EXPERIÊNCIA DOCENTE

4.1. Reconstruir e esvaziar-se como movimento de formação

Alguém que, sem exigir imitação e sem intimidar, mas suave e lentamente, nos conduziu até a nossa própria maneira de ser: alguém, em suma, a quem poderíamos chamar de “professor” (LARROSA, 2017a, p. 66).

Para abrir esta última parte do trabalho, eis que a epígrafe indica o próprio **sujeito da experiência**: o professor. Os caminhos desta pesquisa nos levaram, até aqui, a acessar a palavra experiência em sua multiplicidade de sentidos e, também, em duas perspectivas distintas: a da Experiência no Tempo e a da Experiência nas Epistemologias do Sul. Agora chegamos à última delas: a da Experiência Docente. Aqui, vamos discutir aspectos da formação do professor, tendo como norte as especificidades do conhecimento químico e a sua mobilização para o exercício da prática docente. Como colocamos no item **Caminhos da Pesquisa**, discutiremos a formação numa perspectiva em que o sujeito reflete sobre si próprio, sobre e com os demais e, também, com o mundo.

Esta perspectiva dialoga com investigações do campo, que tratam da constituição da identidade profissional e dos saberes da experiência que estão atrelados à prática de ensino. Como argumenta Selma Garrido Pimenta, em uma sociedade na qual informação e conhecimento se confundem, torna-se fundamental pensar o trabalho do professor “enquanto mediação nos processos constitutivos da cidadania dos alunos, para o que concorre a superação do fracasso e das desigualdades escolares” (2002, p. 15).

A palavra **formação** em seu uso comum pode nos remeter a ideia de se instrumentalizar, adquirir conhecimentos, os quais geralmente não se tem, para se “formar” profissionalmente. No entanto, gostaríamos, aqui, de renovar este uso comum, e, assim como fizemos com as palavras tempo e experiência, encontrar outras perspectivas de entendimento. O professor Jorge Larrosa explica:

O processo da formação está pensado, melhor dizendo, como uma aventura. E uma aventura é, justamente, uma viagem no não planejado e não traçado antecipadamente, uma viagem aberta em que pode acontecer qualquer coisa, e na qual não se sabe aonde se vai chegar, nem mesmo se vai se chegar a algum lugar. De fato, a ideia de

experiência formativa, essa ideia que implica um se voltar para si mesmo, uma relação interior com a matéria de estudo, [...] seria, então, o que acontece numa viagem e que tem a suficiente força como para que alguém se volte para si mesmo, para que a viagem seja uma viagem interior. [...] Uma viagem na qual alguém se deixa influenciar a si próprio, se deixa seduzir e solicitar por quem vai ao seu encontro, e na qual a questão é esse próprio alguém, e a prova e a desestabilização e eventual transformação desse próprio alguém. Por isso, a experiência formativa [...] não pode nunca intimidar, não pode pretender dominar aquele que aprende, capturá-lo, apoderar-se dele (LARROSA, 2017b, p. 66-67).

Nesta perspectiva da formação como viagem aberta, as reflexões sobre um professor de Química que volta-se para si próprio, para as suas experiências enquanto educador, para pensar sobre a natureza do conhecimento com o qual lida na sala de aula, permitem que ele se coloque numa posição de receptividade, disponibilidade e, sobretudo, ouse sair de seu “lugar seguro”, de professor que tudo sabe e escolhe, de acordo com seu ponto de vista, o que vai ensinar o que os outros não sabem. Esta mudança de postura deixa o professor **ex-posto**, no sentido que explica Jorge Larrosa:

O sujeito da experiência se define não por sua atividade, mas por sua passividade, por sua disponibilidade, sua abertura. [...] O sujeito da experiência é um sujeito “ex-posto”. Do ponto de vista da experiência, o importante não é nem a posição (nossa maneira de pormos), nem a “oposição” (nossa maneira de opormos), nem a “imposição” (nossa maneira de impormos), nem a “proposição” (nossa maneira de propormos), mas a “ex-posição”, nossa maneira de “ex-pormos”, com tudo o que isso tem de vulnerabilidade e risco. Por isso é incapaz de experiência aquele que não se põe, ou se opõe, ou se impõe, ou se propõe, mas não se “ex-põe”. É incapaz de experiência aquele a quem nada lhe passa, a quem nada lhe acontece, a quem nada lhe sucede, a quem nada o toca, nada lhe chega, nada o afeta, a quem nada o ameaça, a quem nada ocorre (LARROSA, 2017b, p. 25-26).

Tal experiência formativa coloca a necessidade de um exercício de natureza filosófica que rompa com aquela relação pedagógica que parte da hipótese da desigualdade em direção à igualdade, ou seja, de um mestre que transmite o saber àquele que supostamente não o possui, no caso, o estudante. Encontramos na história de Joseph Jacotot, pedagogo francês do início do século XIX, uma voz que destoa da maneira como, geralmente, mobilizamos nossos corpos e nosso saber para ensinar.

Revolucionário em 1789 e posteriormente exilado nos Países Baixos, Jacotot toma a palavra exatamente no momento em que se instalava, na França,

uma lógica de pensamento pautada em “uma nova ordem de sociedades e governos que conciliasse o progresso, sem o qual as sociedades perdem o elã, e a ordem, sem a qual elas se precipitam de crise em crise” (RANCIÈRE, 2015, p. 10). Dentro dessa nova lógica, a instrução era entendida como uma ação fundamental da sociedade no intuito de fornecer conhecimento aos cidadãos “para que pudessem, a seu ritmo, superar a distância que os impedia de se integrarem pacificamente na ordem das sociedades fundadas sob as luzes da ciência e do bom governo” (RANCIÈRE, 2015, p. 10-11). É justamente sobre essa questão, **a instrução**, que Jacotot se fez ouvir, questão que permanece absolutamente atual:

Quem estabelece a igualdade como objetivo a ser atingido, a partir da situação de desigualdade, de fato a posterga até o infinito. A igualdade jamais vem após, como resultado a ser atingido. Ela deve sempre ser colocada antes. [...] Não há ignorante que não saiba uma infinidade de coisas, e é sobre este saber, sobre esta capacidade em ato que todo ensino deve se fundar (RANCIÈRE, 2015, p.11).

Estas ideias nos fazem refletir sobre o ato de ensinar. Se este ato parte de uma relação de desigualdade, visando instruir o outro a partir de determinada visão de mundo, temos uma relação embrutecedora, que sempre depende de um mestre explicador que conduz o estudante, para que este seja capaz de dar o próximo passo. Se o ato de ensinar parte das coisas que o outro sabe, temos um ponto de encontro, ou seja, temos um ponto de igualdade que pode resultar na emancipação do sujeito.

Isto nos faz ver que assim como eu, na condição de sujeito que aprende com as experiências, também posso ser o sujeito da minha própria formação, pois é exatamente a experiência que tem a capacidade de formar e transformar. Para tanto, faz-se necessário que o sujeito esteja disponível e aberto às experiências. Em outras palavras, que se coloque na condição de sujeito **exposto**, tornando-se, assim, sujeito de sua própria formação.

Desta forma, a formação do professor passa pela maneira com que ele se relaciona consigo, com os outros e com as coisas do mundo. Ser passivo e receptivo não significa ser incapaz de aprender. Pelo contrário, “o sujeito passional tem sua própria força, que se expressa produtivamente em forma de saber e em forma de práxis” (LARROSA, 2017b, p. 30). Este saber se dá na

relação entre conhecimento e vida. E ainda sobre a relação entre formação, experiência e sujeito, o autor acrescenta:

A experiência é o que me acontece e o que, ao me acontecer, me forma ou me transforma, me constitui, me faz como sou, marca minha maneira de ser, configura minha pessoa e minha personalidade. Por isso, o sujeito da formação não é o sujeito da educação ou da aprendizagem e sim o sujeito da experiência: a experiência é a que forma, a que nos faz como somos, a que transforma o que somos e o que converte em outra coisa (LARROSA, 2017b, p. 48).

O próprio Jacotot acabou por viver uma experiência transformadora após a Revolução Francesa. Exilado na Holanda, o pedagogo se deparou com uma situação singular: ensinar língua e literatura para alunos que não dominavam o idioma francês, assim como ele não dominava o holandês. Nessa situação inusitada, qual seria o ponto comum para se iniciar uma relação de ensino? A saída foi encontrada em uma edição bilíngue do livro *Telêmaco*, que estava disponível em francês e holandês. Jacotot pediu aos estudantes que estes aprendessem o texto francês com auxílio da tradução em holandês. Essa experiência superou as expectativas, conforme descreve Jacques Rancière no trecho a seguir:

“Ele estava esperando por terríveis barbarismos ou, mesmo, por uma impotência absoluta. Como, de fato, poderiam todos esses jovens, privados de explicações, compreender e resolver dificuldades de uma língua nova para eles? [...] Mas, qual não foi sua surpresa quando descobriu que seus alunos, abandonados a si mesmos, se haviam saído tão bem dessa difícil situação quanto o fariam muitos franceses! Não seria, pois, preciso mais do que querer, para poder? Todos os homens seriam, pois, virtualmente capazes de compreender o que outros haviam feito e compreendido” (RANCIÈRE, 2015, p. 18-19)?

A experiência provocou em Jacotot questionamentos sobre sua concepção de ensino. Ao longo de seus trinta anos de ofício, Jacotot explicava a matéria, ordenava as ideias do simples ao complexo, da parte ao todo, levando e elevando os alunos ao encontro de sua ciência. Mas neste episódio, os estudantes não tiveram nenhuma explicação básica sobre os elementos da língua, nenhuma orientação sobre ortografia e as conjugações, e, no entanto, obtiveram êxito, sem um mestre explicador. Como isso fora possível? Teria sido obra do acaso?

A revelação que acometeu Joseph Jacotot se relaciona ao seguinte: é preciso inverter a lógica do sistema explicador. A explicação não é necessária para socorrer uma incapacidade de compreender. É, ao contrário, essa *incapacidade*, a ficção estruturante da concepção explicadora do mundo. É o explicador que tem necessidade do incapaz, e não o contrário, é ele que constitui o incapaz como tal. Explicar alguma coisa a alguém é, antes de mais nada, demonstrar-lhe que não pode compreendê-la por si só. Antes de ser o ato do pedagogo, a explicação é o mito da pedagogia, a parábola de um mundo dividido em espíritos sábios e espíritos ignorantes, espíritos maduros e imaturos, capazes e incapazes, inteligentes e bobos (RANCIÈRE, 2015, p. 23-24).

A crítica ao sistema explicador encontra ressonância na ideia de Walter Benjamin, já trazida anteriormente, sobre o empobrecimento da experiência. Segundo o autor, cada vez mais os fatos vêm acompanhados de explicações e isso nos impossibilita de criar outras sinapses com as informações. Cada vez menos temos a chance de refletir, questionar e propor ideias. E assim, vamos ficando embrutecidos e, muitas vezes, convencidos de que nossa capacidade de pensar por nós mesmos e sermos os sujeitos de nossos processos de aprendizagem no mundo deve ser delegada a outrem.

A lógica que funda o sistema explicador divide a inteligência em duas, uma inferior e uma superior. Suas práticas pedagógicas se apoiam na oposição entre ciência e ignorância, e “se distinguem pelos meios escolhidos para tornar sábio o ignorante: métodos duros ou suaves, tradicionais ou modernos, passivos ou ativos, mas cujo rendimento se pode comparar” (RANCIÈRE, 2015, p. 32).

No caso da educação escolar, Pimenta (2002) coloca que o crescimento quantitativo dos sistemas de ensino não tem atendido de forma adequada às demandas sociais das populações envolvidas. A baixa qualidade de ensino – atrelada em muitos momentos a um sistema explicador – nos leva a repensar o perfil do professor que se almeja formar:

Que professor se faz necessário para as necessidades formativas em uma escola que colabore para os processos emancipatórios da população? Que opere o ensino no sentido de incorporar as crianças e os jovens no processo civilizatório com seus avanços e seus problemas (PIMENTA, 2002, p. 19)?

Uma possível resposta para este questionamento passa pela construção da identidade profissional do professor. Esta deve ser constituída a partir de um processo reflexivo, no qual se procura compreender os significados sociais da

profissão, da revisão das tradições e “da reafirmação de práticas consagradas culturalmente e que permanecem significativas” (PIMENTA, 2002, p. 19). É um percurso singular para cada professor, visto que seu processo formativo está inserido em um contexto específico.

Uma identidade profissional se constrói [...] [do] confronto entre as teorias e as práticas, da análise sistemática das práticas à luz das teorias existentes, da construção de novas teorias. Constrói-se, também, pelo significado que cada professor, enquanto ator e autor, confere à atividade docente no seu cotidiano a partir de seus valores, de seu modo de situar-se no mundo, de sua história de vida, de suas representações, de seus saberes, de suas angústias e anseios, do sentido que tem em sua vida o ser professor (PIMENTA, 2002, p. 19).

Não é de se estranhar, portanto, que o processo de reflexão para a construção desta pesquisa tenha se dado de maneira similar: ao mesmo tempo em que me forma, me transforma. Olhando para as teorias e conhecimentos consagrados pela Química, para a natureza deste conhecimento que coloco em prática na sala de aula e para minhas experiências na vida e na educação, percebo o quanto minha concepção de escola e de ensino se modificou desde o ingresso no curso de graduação. De fato, nossas identidades profissionais estão sempre em formação e transformação. A maneira como entendemos nossa relação com a aprendizagem se dá no próprio exercício do fazer, o das experiências cotidianas.

Por isto, passei a reavaliar e a reconstruir minhas ações e ideias, assim como fez Jacotot, que, sentindo-se angustiado com o fato de seus alunos aparentemente prescindirem de suas explicações, decidiu rever suas práticas de ensino. A partir desta experiência do pedagogo francês faço duas considerações: primeiro, que a identidade profissional do professor não é, em absoluto, estática, imutável e, segundo, que no processo de ensino-aprendizagem não há necessidade de que uma inteligência seja guiada por outra.

Assim como Jacotot, muitas vezes também me angustiei em sala de aula porque, apesar de ter consciência de que, ali, os processos não se dão segundo o que as pedagogias tradicionais sugerem, eu ainda não conhecia outras possibilidades de caminho. Esta é uma construção gradual que envolve todos os sujeitos presentes no processo, como diz Rancière:

No ato de ensinar e de aprender, há duas vontades e duas inteligências. Chamar-se-á embrutecimento à sua coincidência. Na situação experimental criada por Jacotot, o aluno estava ligado a uma vontade, a de Jacotot, e a uma inteligência, a do livro, inteiramente distantes. Chamar-se-á emancipação à diferença conhecida e mantida entre as duas relações, o ato de uma inteligência que não obedece senão a ela mesma, ainda que a vontade obedeça a uma outra vontade (RANCIÈRE, 2015, p. 21-22).

A emancipação dos indivíduos só é possível a partir do que Jacques Rancière nomeia de mestre ignorante, aquele que não transmite o seu saber, nem atua como um guia que conduz o estudante, como veremos mais à frente. Entendo que é para esta direção que minha relação com o ensinar e o aprender caminha: um convívio mais horizontal, no qual tanto eu como os estudantes estamos em constante form(ação).

Quando se pensa na formação inicial do professor, faz-se necessário mobilizar os saberes da experiência – aqueles atrelados à própria experiência, ao conhecimento específico e aos saberes pedagógicos – para, então, mediar a construção da identidade do mestre (PIMENTA, 2002).

E o que vem a ser o mestre ignorante? Nas palavras de Rancière, trata-se daquele que se retira empiricamente do jogo e transfere todo o protagonismo para o sujeito que é candidato à emancipação. Parte-se do pressuposto que o sujeito assuma o protagonismo e resolva o problema colocado pelo mestre: “eis aqui esse livro, eis aqui a oração, eis aqui o calendário, eis aqui o que tens a fazer, observa os desenhos nessa página, diz o que podes reconhecer aí etc” (VERMEREN; CORNU; BENVENUTO, 2003, p. 192).

Quem ensina sem emancipar, embrutece. E quem emancipa não tem que se preocupar com aquilo que o emancipado deve aprender. Ele aprenderá o que quiser, nada, talvez. Ele saberá que pode aprender *porque* a mesma inteligência está em ação em todas as produções humanas, que um homem sempre pode compreender a palavra de um outro homem (RANCIÈRE, 2015, p. 37, *grifo do autor*).

Na escola, os corpos estão habituados a esperar que o sinal toque e o mestre entre em cena para ministrar sua aula. As cenas que se desenrolam, do movimento do giz ao som dos cadernos que se abrem, recaem sobre a figura do mestre, responsável pela mediação da prática pedagógica. A experiência de Jacotot evidencia a importância de discutirmos a formação do professor,

sobretudo em uma perspectiva que este seja capaz, ao seu modo, de se lançar a uma aventura em que considere que é possível “aprender qualquer coisa e a isso relacionar todo o resto, segundo o princípio de que todos os homens têm igual inteligência” (RANCIÈRE, 2015, p. 38).

A troca de lentes realizada por Jacotot evidencia o quanto é fundamental refletirmos sobre os saberes da experiência. Refletir em um nível distinto do habitual – de que um professor é alguém que domina a matéria e ensina bem – mas, sim, no sentido de que ele amplia os saberes da experiência a partir de seu cotidiano, “num processo permanente de reflexão sobre sua prática, mediatizada pela de outrem – seus colegas de trabalho, os textos produzidos por outros educadores” (PIMENTA, 2002, p. 20), e, sobretudo, pela relação com seus principais interlocutores, seus iguais: os próprios estudantes. É nesse sentido que o processo de reflexão sobre a prática adquire importância, pois assume o caráter de uma aventura, uma viagem ao não planejado, na qual o sujeito da experiência é ex-posto para que algo o toque e o transforme.

O movimento de reconstruir-se e esvaziar-se como movimento de formação, a partir do diálogo entre os filósofos Jorge Larrosa e Jacques Rancière, vai ao encontro das Experiências do Tempo e do Sul. Pensar a educação, em nosso entendimento, é um exercício que exige problematizar como os eventos se desenvolvem na relação espaço-tempo, afinal de contas, os objetivos educacionais de ontem são diferentes dos atuais, dado a dinâmica do mundo. Nas palavras de Pimenta,

[A] formação de professores na tendência reflexiva [...] [requer] trabalhar o conhecimento na dinâmica da sociedade multimídia, da globalização, da multiculturalidade, das transformações nos mercados produtivos, na formação dos alunos, crianças e jovens, também eles em constante processo de transformação cultural, de valores, de interesses e necessidades, requer permanente formação, entendida como ressignificação identitária dos professores (PIMENTA, 2002, p. 31).

Ao darmos voz a uma pedagogia que parte do pressuposto da igualdade das inteligências, pensamos em uma educação que propõe um diálogo com os estudantes de igual para igual, independentemente de sua origem social e étnica. Trata-se de um pensamento que dialoga com as Epistemologias do Sul, por romper com a ideia de que há uma hierarquia entre o conhecimento do sábio

e o do ignorante. Cada um em sua ex-posição, pulsa e respira o mesmo ar, consequentemente, cada um ao seu tempo, se constitui como um sujeito singular, em permanente construção.

4.2. História e Filosofia da Ciência e sua articulação com aspectos do conhecimento químico – O olhar sobre duas experiências

Em vários momentos desta escrita ressaltamos a importância de se pensar e problematizar a História da Ciência no contexto da formação primeiramente do **sujeito**, naquilo que o caracteriza como ser humano e, consequentemente, a formação deste sujeito que é o **professor**. Penso ter deixado claro que a articulação da HFC com a educação é algo fundamental, sobretudo porque descortina possibilidades de olhar para a ciência, para a história e para nós, os sujeitos, como uma teia integrada, dando ao todo um sentido de coletividade, de sociedade, em seu sentido literal.

A respeito desta integração entre a HFC e o ensino, Mathews (1995) destaca que o seu uso humaniza as ciências, aproximando as dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade escolar. Tal integração de saberes possibilita que a aula se torne mais dialogada e desafiadora, corroborando para um entendimento mais amplo dos temas abordados. Esta colocação vem ao encontro de inúmeros estudos que apresentam constatações e tendências em relação às práticas de ensino e às políticas públicas desenvolvidas na área de Educação (CAMPOS; CACHAPUZ, 1997; GOODAY; LYNCH; WILSON; BARSKY, 2008).

As discussões acerca da formação inicial e continuada de professores têm se dedicado a analisar a prática docente. No entanto, o que se aplica na escola, ainda está distante destas investigações. Ao estudarmos o processo formativo do professor hoje, constatamos que a tendência está em buscar uma articulação **entre o conhecimento teórico e prático**, que rompa com a aplicação de modelos assentada na racionalidade técnica (PIMENTA, 2002).

Consciente das possibilidades que a HFC pode proporcionar ao ensino, passei a questionar de que maneira um professor de química poderia contemplar em sua prática a articulação entre o ensino dos conteúdos específicos e a história da ciência. Como explicado nos **Caminhos da Pesquisa**, estes

questionamentos foram surgindo durante toda minha formação acadêmica e também no exercício profissional. No entanto, foi somente no decorrer deste trabalho que consegui perceber alguns contornos e encontro lugares possíveis para algumas questões. Para entendermos o alcance desta colocação, compartilho, agora, duas experiências desenvolvidas por mim em parceria com minha orientadora que aconteceram em paralelo à construção dessa pesquisa.

4.2.1. O papel colaborativo na estruturação de uma disciplina

A primeira experiência foi realizada em meados de 2017. À época, minha orientadora, a Profa. Dra. Ermelinda Pataca, ministrou uma disciplina sobre História e Filosofia da Química para os licenciandos em Química do sétimo semestre da UNIVESP¹³. Decidimos que seria interessante que eu colaborasse nas discussões do plano de aula para aquela disciplina uma vez que, o início do meu doutorado, ter sido marcado por inúmeras leituras sobre o período histórico em que se deu o advento da química moderna, em função da ideia inicial para esta pesquisa de desenvolver uma análise dos manuais de química produzidos em Portugal e no Brasil no final dos setecentos.

Esta experiência colaborativa entre o professor/investigador e a pesquisadora/orientadora foi fundamental para que pudéssemos rever ideias, reelaborar conceitos e construir novos conhecimentos. Segundo Silvia Figueirôa (2012)¹⁴, a adoção de uma abordagem histórica na educação apresenta desafios, mas também benefícios uma vez que aguça o olhar, tornando crítico, além de gerar soluções criativas e melhorar o entendimento de como os consensos na produção do conhecimento são estabelecidos. Estas são vantagens fundamentais em qualquer área, inclusive para os professores que irão atuar na educação básica no ensino fundamental e médio. E apesar disto, o currículo dos cursos de graduação, em sua maioria, cede maior espaço para as disciplinas específicas, relegando à História e Filosofia da Ciência, em geral, o espaço de uma única disciplina. Apenas para constar: o meu contato com a história da química se deu somente no último semestre do curso de licenciatura.

13 Universidade Virtual do Estado de São Paulo.

14 Informação fornecida por Silvia Figueirôa durante o programa de entrevista Diálogo sem Fronteira, 2012.

São, de fato, poucas as disciplinas voltadas para as questões levantadas pela HFC nos cursos de química nos quais a maior parte do tempo é destinada às áreas específicas. Isto caracteriza um modelo de formação de professores do tipo “3 + 1”¹⁵, pautado em uma racionalidade técnica, que carrega em si a ideia de que é fundamental para o licenciando adquirir um vasto conhecimento sobre os conteúdos de ciência e, ao final do curso, aprender a aplicar práticas pedagógicas adquiridas nas disciplinas atreladas à Educação. Esse modelo esteve em vigência durante muito tempo e tem sido difícil substituí-lo, sobretudo por colocar a necessidade de se rever a estrutura das licenciaturas, que em muitos casos funcionam como apêndices dos bacharelados (SILVA; SCHNETZLER, 2008).

Segundo Figueirôa (2012), seria fundamental que cada disciplina estabelecesse em seu interior um diálogo com a HFC, no intuito de romper com a prática recorrente de aulas onde os aspectos conceituais são entregues de forma pronta, como modelos que devem ser apropriados e aplicados. Desde meados da década de 1990, ocorre uma crescente institucionalização do campo, sobretudo na pós-graduação. Em função disto há também um contingente cada vez maior de profissionais atuando na Universidade e no Ensino Básico que transitam com facilidade por áreas interdisciplinares, articulando a perspectiva histórica e os conhecimentos específicos.

Oki e Moradilho (2008) relatam um estudo de caso que teve como objetivo explorar a aproximação entre História e Filosofia da Ciência da educação científica no ensino de História da Química. O resultado desse estudo, realizado com graduandos, confirmou a importância de haver um espaço maior no currículo para os alunos discutirem a natureza da ciência, o que possibilita a elaboração de concepções menos simplistas e mais contextualizadas sobre a área.

Para a discussão do plano de aula, gostaríamos de destacar dois eixos de análise: o primeiro ligado à natureza do conhecimento químico e, o segundo à forma como esse conhecimento se articula com a prática de ensino.

Quando iniciei minha trajetória na educação, questões de natureza epistemológicas como, por exemplo, o que vem a ser a química e como ela se

15 O termo “3+1” refere-se a três anos voltados para disciplinas específicas e um ano voltado para disciplinas pedagógicas.

desenvolveu, não me eram recorrentes. Em minha prática docente, apesar de algumas inquietações, sempre tive maior preocupação na busca por estratégias metodológicas para realizar o ensino dos conhecimentos específicos. Mobilizava meus esforços para desenvolver atividades experimentais em uma perspectiva investigativa e observando, sempre, os aspectos ligados à gestão da sala de aula e à forma como se estabeleciam os vínculos com os estudantes. Hoje, em função da travessia que realizo, percebo que, ao entrar na sala de aula, sinto a necessidade de contextualizar o desenvolvimento dos conceitos químicos e refletir, a partir de um viés social, econômico e histórico, sobre como a química se apropria dos recursos naturais para produção dos inúmeros materiais que utilizamos em nosso cotidiano e sobre porque usamos estes materiais e não outros.

Para o desenvolvimento do plano de aula partimos de uma questão mobilizadora: **Lavoisier revolucionou a química?** Esta escolha se deu pela importância de se lançar um questionamento, sobretudo para professores em formação, a respeito de uma visão que perdurou por muito tempo: que Lavoisier dotou a química de uma racionalidade técnica e experimental até então inexistente. A historiografia atual coloca que o advento da química moderna deve ser pensado em um período de longa duração, marcado por rupturas e continuidades de pensamento. Neste sentido, não se pode atribuir somente a Lavoisier a mudança de status da química. E, apesar das últimas gerações de historiadores da ciência terem dissipado a ideia de a química moderna ter um pai fundador, a imagem que ainda se propaga, sobretudo nos livros escolares, é de que Lavoisier foi responsável por uma verdadeira revolução na química, que culminou em sua mudança de status, transformando-a, finalmente, em ciência.

O século XVIII é um período marcado por algumas revoluções, como a chamada Revolução Química. Dentre os acontecimentos que corroboram com esta ideia estão: a teoria do estado gasoso, o advento da química pneumática¹⁶ que resultou na descoberta de novos “ares” com diferentes propriedades químicas e a descoberta da natureza da combustão (HANKINS, 2004).

As pesquisas, de modo geral, debruçam-se sobre a análise das biografias dos principais personagens, sobre o estudo detalhado das obras e dos artigos

16 Também chamada química dos ares, é o estudo sistemático dos gases.

publicados, as análises dos cadernos de laboratório e das memórias por meio dos manuscritos, sobre a reconstrução de experimentos e a recuperação de instrumentos utilizados, tendo em vista os contextos sociais, institucionais e políticos em que estes acontecimentos ocorreram (BELMAR; SÁNCHEZ, 2006).

Existem trabalhos que questionam a forma como este período e, mais especificamente, como as contribuições de Lavoisier têm sido abordadas no ensino. Vidal, Cheloni e Porto (2007), por exemplo, discutem que os livros didáticos, fonte de consulta para a maioria dos professores e estudantes, de forma geral, colocam Lavoisier como pai da química moderna e do ponto de vista conceitual, atribuem à teoria da Conservação da Massa o seu principal trabalho.

Lançar este questionamento durante o processo de formação de professores se faz pertinente pois muitos creditam a Lavoisier o advento da química moderna. Eu mesmo, durante meu processo formativo, apesar de saber da importância de outros cientistas, sempre entendi Lavoisier como uma espécie de inventor da química. Foi somente após tomar consciência de todo debate historiográfico que vi a necessidade de rever minha maneira de entender os processos e, conseqüentemente, mudar minha prática em sala de aula.

O foco nas discussões deste trabalho colaborativo com minha orientadora eram os alunos de licenciatura. Foi uma experiência muito interessante, já que sempre trabalhei com estudantes de ensino médio, pois me coloquei em uma nova posição, ou como considera Larrosa, me coloquei ex-posto, disponível para viver o que se me apresentasse. Discussões sob o debate historiográfico em torno do papel de Lavoisier no advento da química moderna, a elaboração de orientações de estudo pautadas na leitura de textos, desenvolvimento de atividades avaliativas e temas para discussão no fórum, nortearam este trabalho colaborativo na estruturação do plano de aula.

E o caminho foi se construindo ao caminhar. Agora, sob a perspectiva do tempo, vejo que a forma como me portei, como me expus, é exatamente aquela descrita como sendo o caminho teórico e metodológico proposto por esta pesquisa.

Ao revisitar os episódios da minha formação, coloco em questão concepções arraigadas na maneira como desenvolvo meu trabalho como professor. Dá-se, assim, um movimento de ir e vir, de esvaziar-me e reconstruir-me a partir das experiências de vida e de formação. **O caminho se faz ao**

caminhar. Ou, como diz Larrosa, a viagem mais bela é aquela em que não se planeja, mas que se faz, que se descobre no fazer. Neste episódio de minha colaboração para elaborar o plano de aula, várias de minhas concepções sobre ensino foram colocadas em xeque, provocando mudanças consideráveis em minha atividade como professor. Senti-me questionado e transformado, o que me faz afirmar que o “episódio” constitui-se, de fato, em uma experiência, no sentido amplo que Larrosa dá ao termo e que é fundamental para esta pesquisa.

Como colocam Santos e Meneses (2010), o saber deve possibilitar que nos conheçamos, que conheçamos a sociedade e que experimentemos o mundo em sua pluralidade. Cabe a nós refletir sobre os limites sociológicos da ciência e os mecanismos de financiamento que interferem na prática científica. O discurso político, midiático e tecnocrático nos impõe a lógica do crescimento econômico como única alternativa para os problemas sociais e econômicos. No entanto, não há uma reflexão sobre o porque que, na ânsia por alcançá-lo, extermina-se populações ribeirinhas e indígenas inteiras. É este o tipo de desenvolvimento que devemos buscar? Em que medida a ciência e os seus agentes tem pautado esta discussão? Como profissional que lida com uma ciência envolvida com a produção de materiais, entendo a urgência em discutirmos estes aspectos no ensino, assim como a necessidade de redefinirmos a maneira com a qual o químico opera com a matéria.

Outro aspecto contemplado quando da elaboração do plano de aula dizia respeito ao que o químico alemão Georg Stahl convencionou chamar de flogisto. Segundo a teoria desenvolvida por Stahl ainda no século XVIII, o flogisto seria um elemento inflamável presente em materiais combustíveis como o carvão e a madeira. Durante a combustão haveria uma liberação deste elemento invisível. Após a combustão, o que sobrava não continha mais flogisto e, portanto, não poderia mais queimar (FERRAZ, 1991).

Alguns autores atribuem a esta teoria o motivo do atraso do surgimento da química como ciência, ao passo que a Astronomia e a Mecânica já tinham alcançando um patamar mais avançado nos séculos XVI e XVII, durante a chamada revolução científica, por meio dos trabalhos de Galileu, Copérnico e Newton (BELMAR; SÁNCHEZ, 2006). Esta visão de atraso da química tem sido questionada por muitos historiadores da ciência, pois tal hipótese parte da premissa que a ciência evolui somente de forma cumulativa, com etapas bem

definidas, em que os erros se tornam obstáculos epistemológicos. Outro ponto discutível é o fato de que muitos procedimentos e ideias atribuídos à Lavoisier, como o uso da balança, a noção de composição química e a interpretação da combustão, são encontradas em obras de outros autores (BENSAUDE-VICENT; STENGERS, 1996).

Há algum tempo os historiadores vêm abandonando a controvertida tarefa de identificar o “verdadeiro descobridor” de uma determinada reação, substância ou conceito, devido ao risco que estas ações nos impõem como, por exemplo, o de negar teorias antigas. O próprio Kuhn (2013) utiliza como exemplo o descobrimento do oxigênio para discutir as polêmicas de prioridade que envolveram Lavoisier, Scheele e Priestley. A sua obra aborda outros exemplos da chamada revolução química, especialmente a discussão que envolve a crise e a emergência de novas teorias científicas, como no caso da queda da teoria do flogístico e sua substituição por um novo paradigma, surgido a partir do desenvolvimento da química pneumática e, também, no caso do estudo das mudanças de massa que ocorriam durante o processo de calcinação (KUHN, 2013). Sobre este episódio, Kuhn diz:

Como dissemos, Lavoisier viu oxigênio onde Priestley viu ar desflogisticado e outros não viram absolutamente nada. Contudo, ao aprender a ver o oxigênio, Lavoisier teve também que modificar sua concepção a respeito de muitas outras substâncias familiares. Por exemplo, teve que ver um mineral composto onde Priestley e seus contemporâneos haviam visto uma terra elementar. Além dessas, houve ainda outras mudanças. Na pior das hipóteses, devido à descoberta do oxigênio, Lavoisier passou a ver a natureza de maneira diferente. Na impossibilidade de recorrermos a essa natureza fixa e hipotética que ele “viu de maneira diferente”, o princípio de economia nos instará a dizer que, após ter descoberto o oxigênio, Lavoisier passou a trabalhar em um mundo diferente (KUHN, 2013, p. 210).

Esta visão tem sido questionada nas últimas décadas pois alguns historiadores assinalam uma certa dificuldade em estabelecer dois paradigmas claramente em disputa. Há historiadores como Frederic L. Holmes que defendem que Lavoisier realizou uma transformação importante, mas limitada a determinados aspectos de uma disciplina que abarca muitas outras áreas de investigação, como a Química Vegetal (BELMAR; SÁNCHEZ, 2006). Por sua vez, Ursula Klein (2015) questiona se há realmente um caráter de ruptura do sistema de Lavoisier, que ao longo de seu trabalho se apropria de diversos

conhecimentos já existentes, inclusive advindos dos próprios flogistas. Klein destaca que Lavoisier trabalhou dentro da mesma ontologia que guiou os químicos por muitas décadas. O uso da tabela de afinidades proposta por Geoffroy em 1718 na explicação causal para a ocorrência das transformações químicas é um dos argumentos utilizados pela pesquisadora para discutir que na obra de Lavoisier há um caráter de continuidade (KLEIN, 2015).

A não existência de dois paradigmas claramente em disputa, associado ao fato de Lavoisier ter trabalhado dentro do mesmo quadro teórico que guiou os químicos por muitas décadas, evidenciam um caráter de continuidade em seu trabalho, diferentemente do que afirma Kuhn ao colocar que a descoberta do oxigênio levou Lavoisier a trabalhar em um mundo diferente. Este episódio não pode ser categorizado de forma rígida como um exemplo de ruptura, mas, sim, como um sintoma de que algo não funciona bem, um dos pré-requisitos para uma revolução científica.

A proposta lavoiseriana de uma nova teoria da combustão abriu caminho para a consolidação da química como uma disciplina independente, com suas regras metodológicas e prioridades bem estabelecidas que implicaram em uma reestruturação completa no campo da história natural. Houve no decorrer do século XVIII um deslocamento da rede conceitual usada pelos cientistas para interpretar os fenômenos e o mundo. As diferenças conceituais entre o sistema de Stahl (dos flogistas) e o de Lavoisier envolviam modificações na noção de substâncias elementares e compostas¹⁷. Estas mudanças permitiram a compreensão da composição do ar atmosférico e da água, questões estratégicas para uma ampla sistematização da Química delineada por Lavoisier e concretizada com a apresentação de um novo sistema de nomenclatura (BENSAUDE-VICENT; STENGERS, 1996; FERRAZ, 1991).

Apesar de tudo isto os acontecimentos da chamada revolução química não podem ser atribuídos na atualidade a uma única mente, o que implica em ampliar o número de protagonistas na narração dos acontecimentos. Os episódios discutidos até aqui evidenciam a riqueza do período, sendo relevantes

17 Os metais, ou mesmo o hidrogênio, que segundo os flogistas eram compostos, no sistema proposto por Lavoisier foram definidos como substâncias simples. O termo substância simples refere-se a substâncias formadas pelo mesmo elemento químico, ao passo que uma substância composta, apresenta em sua composição mais de um tipo de elemento.

em alguns aspectos para o ensino médio, uma vez que desperta reflexões acerca da natureza do conhecimento científico, com seus avanços, erros e conflitos. E são também importantes para graduandos de licenciatura que descortinam seus processos formativos e devem refletir sobre a natureza do conhecimento que constroem.

Outro aspecto interessante que fez parte das discussões do plano de aula, foram as contribuições de Isaac Newton para a química. A atividade do químico caracteriza-se por dois aspectos: um de **caráter prático**, atrelado a uma forma específica de atuar com a matéria e outro de **caráter teórico**, ligado a uma preocupação de utilizar esquemas e modelos representativos para explicar fatos observáveis. No ensino, faz-se necessário unir ambos os aspectos, pois só desta forma é possível compreendermos e nos posicionarmos em relação à criação e ao uso dos novos materiais que a química constantemente disponibiliza. A este respeito analisaremos mais à frente a experiência de Fritz Haber. É por meio da mediação pedagógica que o estudante se apropria deste universo, sendo capaz de fornecer “explicações para transformações da matéria e sua relação com a energia, em termos de partículas constituintes e suas interações” (MALDANER, 2006, p. 102). O pesquisador coloca que, estabelecer uma interface entre os dois universos não é algo trivial:

Os modelos teóricos da Química, identificados como átomos, moléculas, íons, equações químicas, prótons, elétrons, nêutrons, ligações químicas, etc., são criações humanas, próprias da ciência química, cujo entendimento não pode ser buscado empiricamente pelo esforço pessoal dos indivíduos (MALDANER, 2006, p. 102).

Ao se acreditar em uma ciência “contida” na natureza, que existe independentemente das crenças de um indivíduo, se passa a ideia de que as leis científicas e as teorias estão “escondidas” nos fenômenos, bastando para isso que o cientista, por meio de um método seguro e preciso, acesse este universo.

Um aspecto pertinente para esta discussão remete ao fato de que o corpo teórico da química é **relacional** e emerge dos resultados obtidos na experimentação. Relacional pois se dá de forma comparativa. Por exemplo, para caracterizar o que é um ácido, faz-se necessária a comparação entre uma substância e outra. No entanto, dependendo das condições do meio, como tipo

de solvente e temperatura, pode ocorrer variação no comportamento molecular, e, conseqüentemente, variação na característica da substância (LEMES; PORTO, 2013).

Além da questão apresentada anteriormente, encontramos na obra de Isaac Newton outras contribuições para o desenvolvimento da química. Em 1704, em sua obra *Ópticks*, Newton aborda o estudo dos fenômenos ópticos, magnéticos, biológicos, geológicos e das transformações químicas. No final de sua obra, há uma série de questões que careciam de respostas e a Química estava presente na chamada questão 31 (BENSAUDE-VICENT; STENGERS, 1996).

O que pretendia Newton com uma questão atrelada à química? Qual a importância de seu pensamento para a esta ciência? Bensaude-Vincent e Stengers (1996) argumentam que existem duas interpretações possíveis para a questão 31. A primeira, pode ser vista como uma tentativa de extrapolar a física gravitacional, no intuito de buscar nos fenômenos químicos a ação de forças atrativas e repulsivas. A segunda, é como se Newton, ao falar de potência, de poder dos reagentes, buscasse dar sentido as operações químicas. O desejo de Newton era de encontrar leis que quantificassem as transformações químicas.

[...] as reações químicas permitem comparar entre si as forças que unem efetivamente as partículas de um composto; são elas, e não um cálculo teórico, que *effectuam* a comparação. De igual modo, a diversidade de forças permite compreender as possibilidades e os limites da análise química: As mais pequenas partículas de matéria podem estar unidas pelas mais fortes atracções, e formar partículas menos pequenas, cuja força atractiva será menor: estas podem unir-se por sua vez e formar partículas maiores, cuja força atractiva será ainda menor: e assim sucessivamente, até que a progressão acabe nas partículas maiores, das quais dependem os fenômenos químicos e as cores materiais (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996, p. 75).

A passagem acima é interessante por evidenciar a construção de um pensamento comparativo entre uma substância e outra, na medida em que se busca uma relação de força entre as diferentes partículas e por evidenciar uma metodologia empírica, algo que será utilizado no decorrer do século XVIII para

desenvolver outras teorias, como as chamadas tabelas de afinidades (MOCELLIN, 2006; PATACA, 2017)¹⁸.

Apesar do sonho newtoniano de incorporar a química à física não ter tido sucesso, é pertinente destacar como o aspecto relacional é estruturante no pensamento químico. Atualmente, essa questão de redução da química à física é objeto de discussão por parte de muitos pensadores. O que se percebe, como salientam Lemes e Porto, é que o conhecimento químico apresenta um caráter relacional que se estrutura em uma espécie de rede, como a passagem a seguir mostra:

[...] Schummer (1998) estruturou o conhecimento químico como se fosse uma rede, e colocou, como núcleo central, as propriedades químicas – que são relacionais e determinam a lógica do conhecimento químico em todos os níveis educacionais. Essas propriedades são investigadas e sistematizadas por experimentos em diferentes contextos, artificiais ou naturais. [...] Na analogia com rede, as classes de substâncias seriam como os nós, e as relações entre as classes seriam como conexões, sistematizando as propriedades químicas. (LEMES; PORTO, 2013, p. 129, *grifo nosso*).

Em função deste pensamento em rede, a química se diferencia da física, que por sua vez, segue a abordagem de objetos isolados.

[...] a mecânica quântica opera sobre átomos como peças separadas, enquanto a química opera considerando a maneira como os átomos estão organizados e relacionados uns com os outros. O arranjo dos átomos nas moléculas influencia suas propriedades. Então, aspectos dinâmicos e complexos do sistema molecular, em reações químicas, não podem ser explicados olhando-se para cada átomo isoladamente (LEMES; PORTO, 2013, p. 129-130).

O entendimento do que é a química passa pela necessidade de que nos apropriemos de um novo mundo: um “mundo modificado pela ação humana, [...] um mundo simbólico criado pela humanidade para pensar de uma nova maneira sobre o próprio mundo, as coisas e o homem, que é a maneira da química” (MALDANER, 2006, p.101). Este universo simbólico fornecido pela química resulta de sua capacidade de interferir nos processos.

Para que ocorra melhor apropriação no entendimento da química, faz-se necessário, no processo formativo do professor, contemplar discussões de

18 Informação veiculada na disciplina História e Filosofia da Química do curso de licenciatura em Química pela UNIVESP.

natureza epistemológica. E esta é uma questão problemática pois, como já dissemos, na maioria dos casos o ensino superior de química segue padrões tradicionais caracterizados pela mera transmissão de modelos pré-existentes.

Contemplar discussões epistemológicas na formação do professor é algo que contribuiria para o melhor entendimento de como os conceitos químicos se articulam. É interessante observar que questões do tipo “o que é a química” e “como a química funciona” evidenciam que existem diferentes perspectivas a respeito de como olhar e refletir sobre esta ciência. Esta que tenta entender suas particularidades e suas relações com o processo de formação do professor revela um campo de conhecimento amplo e complexo.

Ao compartilhar estas experiências por meio de um processo de reflexão sobre a ação, procurei apresentar aspectos relevantes da prática educacional na atualidade, na busca por caminhos que superem a tradicional fragmentação dos saberes da docência, no caso, os saberes da experiência, os saberes científicos e os saberes pedagógicos.

Pimenta observa que os licenciandos, ao expressarem o conceito de didática, dizem que “ter didática é saber ensinar” e “que muitos professores sabem a matéria, mas não sabem ensinar” (2002, p. 24). Este entendimento sugere dois aspectos:

De um lado, revela que os alunos esperam que a didática lhes forneça as técnicas a serem aplicadas em toda e qualquer situação para que o ensino dê certo; [...] De outro, revela que de certa maneira há um reconhecimento de que para saber ensinar não bastam a experiência e os conhecimentos específicos, mas se fazem necessários os saberes pedagógicos e didáticos (PIMENTA, 2002, p. 24).

Esta concepção da didática como uma espécie de instrumentalização para o ensino ocorre em parte pelo fato de, historicamente, os saberes da docência terem sido trabalhados de forma desarticulada, ora privilegiando os saberes pedagógicos em detrimento dos saberes específicos e vice-versa. Hoje, na tentativa de superar tal fragmentação, os saberes pedagógicos são constituídos “a partir das *necessidades pedagógicas postas pelo real*” (PIMENTA, 2002, p. 25), ou seja, adota-se como ponto de partida e de chegada a prática educacional dos sujeitos envolvidos no processo educacional. E por

falar em saberes e sua importância para a prática pedagógica, segue a contribuição de Larrosa sobre o saber da experiência:

Se dá na relação entre conhecimento e vida humana. De fato, a experiência é uma espécie de mediação entre ambos. É importante, porém, ter presente que, do ponto de vista da experiência, nem “conhecimento” nem “vida” significam o que significam habitualmente. Atualmente, o conhecimento é essencialmente a ciência e a tecnologia; [...] algo universal e objetivo, de alguma forma impessoal [...] que podemos nos apropriar e que podemos utilizar. [...] O conhecimento é basicamente mercadoria e, estritamente, dinheiro. [...] A “vida” se reduz à sua dimensão biológica, à satisfação das necessidades (geralmente induzidas, pela lógica do consumo), à sobrevivência dos indivíduos e da sociedade. [...] Nestas condições, é claro que a mediação entre o conhecimento e a vida não é outra coisa que a apropriação utilitária do que nos apresenta como “conhecimento” para as necessidades que se nos dão como “vida” e que são completamente indistintas das necessidades do Capital e do Estado (LARROSA, 2017a, p. 30-31).

Para não cairmos em contradição e acabarmos por corroborar com esta lógica que tanto questionamos, é fundamental entender que a articulação que propomos entre os saberes na educação está atrelada às experiências individuais de cada um, mas com articulações no exercício coletivo, de modo que cada sujeito, com sua vivência, possa significar aquilo lhe acontece:

Este é o saber da experiência: o que se adquire no modo como alguém vai respondendo ao que vai lhe acontecendo ao longo da vida e no modo como vamos dando sentido ao acontecer do que nos acontece. No saber da experiência [...] trata-se do sentido ou do sem-sentido do que nos acontece (LARROSA, 2017, p. 32).

Ao contemplar estes elementos, ressaltamos que a formação é como a viagem aberta proposta por Larrosa: uma viagem onde o professor se coloca na condição de sujeito ex-posto, que procura romper com a lógica do sistema explicador que sempre o responsabiliza pela condução dos estudantes ao aprendizado, uma viagem na qual ele busque relacionar-se com o conhecimento de forma que o seu próprio aprendizado o conduza na construção de novos saberes, enfim, busque caminhar junto com aqueles que com ele dividem o espaço-tempo da experiência.

4.2.2. Elaboração de uma sequência didática na Educação Básica

A segunda experiência foi realizada numa escola particular de São Paulo, entre os anos de 2014 e 2015, com alunos do Ensino Médio, e cujos resultados culminaram na publicação de um artigo científico na QNEsc (SILVA, A. N; PATACA, 2018). Na ocasião, foi desenvolvida uma sequência didática (SD) sobre Equilíbrio Químico a partir da interface com a HFC, tendo como fio condutor os trabalhos realizados por Fritz Haber na síntese da amônia e a sua utilização no programa de armas químicas durante a Primeira Guerra Mundial.

Ao revisitar, aqui, o trabalho publicado na QNEsc, lanço-me ao exercício de investigar minha própria prática. Questiono a natureza das escolhas realizadas em um exercício de **reflexão sobre a ação**. Dessa forma, o olhar volta-se para os caminhos realizados na SD, na intenção de analisar, por exemplo, como algumas situações foram problematizadas e se outras experiências metodológicas poderiam ser utilizadas para o desenvolvimento da proposta.

Mas antes de compartilhar esta experiência, quero destacar que o processo de troca de lentes que realizei no decorrer da pesquisa, intimamente ligado à própria constituição de seu objeto de investigação - **o acesso à experiência atrelada a prática docente** - acabou por confirmar, na prática, o sentido que tomamos emprestado de Larrosa para ao termo experiência formativa, qual seja: uma viagem aberta ao não planejado, uma aventura. Basta lembrar que o compartilhamento de minha experiência com a sequência didática não estava previsto quando iniciamos este processo. Aqui, também, o caminho se fez ao caminharmos.

O ato de refletir sobre mim mesmo fortaleceu a ideia de que a constituição do conhecimento científico é um processo complexo, permeado pela ação de construir, desconstruir e reconstruir, não necessariamente nesta ordem. E assim, dei-me conta da metodologia que, no início, era ainda intuitiva, mas foi se revelando no “caminho que se faz caminhando enquanto se caminha” (GHEDIN; FRANCO, 2008, p.27). Na medida em que um problema se resolvia, novas problemáticas e novas possibilidades de aprofundamento se descortinavam.

Estas experiências vivenciadas pelo próprio professor/investigador, por carregarem os elementos reveladores de suas escolhas, evidenciam como se dá a articulação entre conhecimento teórico e prático, como argumenta Pimenta:

Nas práticas docentes estão contidos elementos extremamente importantes, como a problematização, a intencionalidade para encontrar soluções, a experimentação metodológica, o enfrentamento de situações de ensino complexas, as tentativas mais radicais, mais ricas e mais sugestivas de uma didática inovadora, que ainda não está configurada teoricamente (PIMENTA, 2002, p. 27).

Esta perspectiva visa fomentar o processo reflexivo, provocando o diálogo entre o conhecimento teórico e a realidade social na qual o professor está inserido, em um movimento contínuo de construção de sua identidade. Abaixo, Pimenta fala da postura necessária ao professor neste processo:

Espera-se, pois, que mobilize os conhecimentos da teoria da educação e da didática necessários à compreensão do ensino como realidade social, e que desenvolva neles a capacidade de investigar a própria atividade para, a partir dela, constituírem e transformarem os seus saberes-fazeres docentes, num processo contínuo de construção de suas identidades como professores (PIMENTA, 2002, p. 18).

É importante ressaltar que não pretendemos esgotar todas as etapas que integraram a sequência didática (SD), mas, sim, lançar o olhar para a experiência como um todo no intuito de refletir de forma crítica sobre algumas escolhas que foram realizadas, em um exercício de autoformação, na seguinte perspectiva:

Opondo-se à racionalidade técnica que marcou o trabalho e a formação de professores, entende-o como um intelectual em processo contínuo de formação. Enquanto tal, pensar sua formação significa pensá-la como um *continuum* de formação inicial e contínua. Entende, também, que a formação é, na verdade, autoformação, uma vez que os professores reelaboram os saberes iniciais em confronto com suas experiências práticas, cotidianamente vivenciadas nos contextos escolares. É nesse confronto e num processo coletivo de troca de experiências e práticas que os professores vão constituindo seus saberes como *praticum*, ou seja, aquele que constantemente reflete *na e sobre* a prática (PIMENTA, 2002, p. 29).

A ideia de desenvolver uma SD que dialogasse com a HFC partiu da leitura do trabalho de Aécio Pereira Chagas (2007), que discute o processo de síntese da amônia a partir dos gases hidrogênio e nitrogênio. Além de apresentar alguns aspectos químicos do gás nitrogênio, o autor discute o impacto que a

síntese da amônia exerceu sobre a atividade industrial e sua aplicação na produção de fertilizantes em larga escala. Ao falar de Fritz Haber, Chagas destaca sua trajetória pessoal, acadêmica e sua participação durante a Primeira Guerra Mundial como assessor do exército alemão na chamada “guerra química”, sendo um dos responsáveis pela utilização de gases irritantes ou venenosos como arma de guerra (SILVA, A. N; PATACA, 2018).

Assim, ao estudarmos o papel de Fritz Haber na síntese da amônia e no programa de “guerra química”, deu-se a abertura para pensar a questão ética atrelada à prática científica, questão de fundamental importância e normalmente marginalizada no ensino. Em nosso entendimento, questionar o modo como se veicula e se utiliza o conhecimento é central, por exemplo, para discutir a imagem amplamente difundida na sociedade “de que ciência é algo que acerta sempre ou que é verdade e que em nome dela se diz e se faz” (MALDANER, 2006, p. 96).

Não temos a intenção de esgotar esta discussão. Mas, para começarmos, podemos colocar de forma consensual que a ciência é um construto humano, que integra nossa cultura. É por meio dela que interpretamos a natureza, ou seja, buscamos “uma correspondência entre a realidade externa (objeto) e a representação que fazemos dela (ação do sujeito)” (MALDANER, 2006, p. 97). É justamente neste aspecto, na relação sujeito e objeto, que temos uma diversidade de princípios e enfoques, que resultam em diferentes perspectivas epistemológicas as quais moldam nossa visão de ciência. Como todo construto humano, a ciência também é absolutamente susceptível a incertezas e contradições.

Sobretudo a partir do pós-guerra, a química passou por várias mudanças em relação a teoria e a prática. Antes associada ao bem-estar, agora passou a ser responsabilizada por inúmeros problemas ambientais. Este é um aspecto pouco abordado no ensino:

[...] a química tem um discurso aproblemático, sem reflexão, e que os objetivos da pesquisa e da educação em química não estão claros. O discurso da química está baseado em objetivismo, positivismo, reducionismo molecular, e racionalismo, mas tais visões são adotadas sem reflexão a respeito. [...] Atualmente, esta imagem está relacionada à neutralidade, à geração de progresso constante, de melhorias para a sociedade moderna e à valorização das entidades submicroscópicas

em seu laboratório, em detrimento da vida real (LEMES; PORTO, p. 133, 2013).

A imagem que tradicionalmente se difunde da ciência é um dado importante por ser reveladora do entendimento que se tem da atividade científica. Problematicar esses aspectos passa pela integração da perspectiva filosófica, histórica e sociocultural no ensino. Consideramos este, um aspecto chave para os objetivos deste trabalho por ser ele um dado estruturante na formulação de currículos, dos materiais produzidos, na formação do professor e no ensino.

A SD foi desenvolvida exatamente no intuito de discutir esta imagem tão propagada da ciência. Eis duas questões ali apresentadas: o que se espera de um cientista em tempos de guerra? Seria ético um cientista utilizar o seu conhecimento no desenvolvimento de armas letais? (SILVA, A. N; PATACA, 2018).

Tais questões revelam que é fundamental que o professor questione o significado e as implicações do conhecimento com o qual lida. Pimenta (2002), ao compartilhar algumas de suas experiências com os licenciandos de diversos cursos nas áreas de Matemática, Física e Química, diz que, de modo geral, os estudantes acreditam que não terão êxito para atuar como professores se não “dominarem” o conhecimento específico de sua área. No entanto, poucos se perguntam sobre os significados de tal conhecimento, como vemos abaixo:

[...] qual o significado desses conhecimentos na sociedade contemporânea; qual a diferença entre conhecimentos e informações; até que ponto conhecimento é poder; qual o papel do conhecimento no mundo do trabalho; qual a relação entre ciência e produção material; entre ciência e produção existencial; [...] como se colocam aí os conhecimentos históricos, matemáticos, biológicos, das artes cênicas, plásticas, musicais, das ciências sociais e geográficas, da educação física (PIMENTA, 2002, p. 21).

Refletir sobre tais aspectos é fundamental, afinal de contas, conhecer implica em “trabalhar com as informações classificando-as, analisando-as e contextualizando-as” (PIMENTA, 2002, p. 21). Na escola, ao tratarmos o saber sem levar em conta estes aspectos, reproduzimos a lógica do sistema explicador, pautado apenas na reprodutibilidade de conceitos previamente interpretados. Esta ideia nos remete ao que diz Paulo Freire, já citado

anteriormente, a respeito da “educação bancária”. Na medida em que parte de uma hierarquia na qual existe alguém que domina o conhecimento e irá “transferi-lo”, segundo sua interpretação, para outro que não o possui, o professor colabora com a lógica do sistema explicador e inviabiliza a emancipação dos sujeitos envolvidos no processo, inclusive a sua própria.

A problematização de algumas aulas da SD¹⁹ ilustram estas ideias. O quadro 1 sintetiza as atividades desenvolvidas na primeira aula.

Quadro 1: Síntese da primeira aula da sequência didática.

Aula	Objetivos de Aprendizagem	Atividades
1	<ul style="list-style-type: none"> - Evidenciar que a busca por uma solução técnica para um determinado problema, em alguns casos, vincula-se a uma demanda social e econômica. - Reconhecer que, em certas transformações químicas, há coexistência de reagentes e produtos (estado de equilíbrio químico, extensão da transformação). - Levantar o conhecimento prévio dos estudantes acerca dos fatores que interferem em uma transformação química. 	<p>Aula dialogada</p> <p>I) Enunciar algumas invenções e descobertas do Homem, como o carro, o computador, a eletricidade e o átomo. Questionar qual delas os estudantes consideram a mais importante.</p> <p>II) Fazer um contraponto com a reação de síntese da amônia, a partir do <i>teaser</i> sobre o processo Haber-Bosch.</p> <p>III) Analisar a extensão de uma reação química e os fatores que interferem em uma transformação química.</p>

Para iniciar a discussão sobre a reversibilidade das transformações químicas, optamos por uma sequência na qual ficasse claro aos estudantes a relação de um conhecimento produzido no interior do laboratório com todo o contexto vigente no momento de seu desenvolvimento. Nossa primeira ação foi uma sensibilização para o tema, a partir de um *teaser*²⁰, o qual apresentava, de forma sucinta, o processo utilizado por Haber e seus colaboradores na produção de fertilizantes por meio da síntese da amônia. Esta sensibilização gerou uma

19 No total, foram realizadas dez aulas, sendo que cada aula tinha a duração de sessenta minutos. Decidimos expor, aqui, aquelas que revelam para o professor/investigador novas abordagens metodológicas.

20 A reação química que alimenta o mundo: <https://www.youtube.com/watch?v=o1_D4FscMnU> Acesso em: 04 jun. 2018.

discussão acerca dos fatores que interferem em uma reação química, além de mobilizar os conhecimentos dos estudantes a respeito dos aspectos físico-químicos (pressão, temperatura e concentração) que influenciam no rendimento de uma reação envolvendo gases. Neste momento, os estudantes começam a perceber que falaríamos sobre um cientista específico, sobre uma reação química que possibilita a produção de fertilizantes e sobre os fatores que interferem em seu rendimento. Este momento se mostrou oportuno para discutir alguns aspectos conceituais de uma reação em equilíbrio (SILVA, A. N; PATACA, 2018).

Hoje, ao refletir sobre aquela ação, percebo o quanto esta escolha didática dialoga com as ideias de Jacques Rancière. Ao lançar o *teaser*, o professor se retira empiricamente do jogo, ou seja, lança a problematização para os estudantes, que com seus saberes e visão de mundo, devem interpretar e se posicionar frente a uma situação nova, para a qual não houve uma explicação prévia. Na mesma perspectiva experimentada por Jacotot, não houve, aqui, a presença de um mestre explicador, que ordenasse as ideias do simples para o complexo.

Na segunda aula, partimos da realização de um jogo didático para discutir os aspectos conceituais de uma reação que atinge o estado de equilíbrio. Os resultados obtidos no jogo nos permitiram discutir a questão da reversibilidade de uma reação química e realizar a construção de gráficos para reações genéricas que apresentam diferença de rendimento (SILVA, A. N; PATACA, 2018). O quadro 2 sintetiza este momento.

Quadro 2: Síntese da segunda aula da sequência didática.

Aula	Objetivos de Aprendizagem	Atividades
2	<ul style="list-style-type: none">- Compreender o conceito de Equilíbrio Químico.- Elaborar a construção de tabelas e gráficos para caracterização do estado de equilíbrio.- Representar, por meio da constante de equilíbrio químico, a relação entre as concentrações de reagentes e produtos em uma transformação química.	<p>Estudantes organizados em grupos</p> <p>I) Realização de um Jogo Didático para o ensino do estado de equilíbrio. O jogo consiste em dois sistemas (caixas) que trocam elementos entre si, em intervalos de tempo pré-determinados. A partir de determinado instante a troca é realizada ao mesmo tempo, o que configura o estado de equilíbrio.</p> <p>II) Construção de gráficos para reações genéricas reversíveis.</p> <p>Aula dialogada</p> <p>III) Discutir os aspectos conceituais que caracterizam o estado de equilíbrio.</p>

Com relação a esta escolha, acredito que teria sido enriquecedor que os próprios estudantes desenvolvessem uma atividade de natureza semelhante, no intuito de que eles próprios refletissem sobre as características de um sistema em equilíbrio. Seria algo desafiador, afinal de contas, imaginar um sistema em equilíbrio não é algo simples. Este exercício de experimentação metodológica, como argumenta Pimenta (2002), é interessante por permitir ao professor lidar com situações de ensino complexas, algo que mobiliza e transforma os seus saberes-fazer.

Em relação a este exercício de experimentação metodológica, atrelado a realização de alguma atividade de natureza prática, é importante destacar que este tipo de atividade não passa necessariamente pela realização de uma atividade de laboratório. Como coloca Hodson (1988), os professores de ciências precisam refletir sobre os papéis do trabalho prático, do trabalho em laboratório e dos experimentos em ensino de ciências. Se faz necessário distinguir estes três termos e “reconhecer que nem todo trabalho prático é exercido no laboratório, e que nem todo trabalho de laboratório inclui experimentos” (1988, p. 1). Alternativas interessantes incluem, por exemplo, aprendizagem auxiliada por computador, demonstrações realizadas pelo professor, vídeos ou filmes

atrelados ao registro de dados, confecção de modelos, trabalhos realizados em biblioteca, etc. Este é um aspecto interessante por ampliar o entendimento de atividade prática, que no ensino de ciências, geralmente fica restrito à ideia de trabalho manual na bancada do laboratório.

A respeito da forma como o professor lida com o conhecimento específico, Maldaner (2006), ao realizar a pergunta - **o que é a química** - a um grupo de professores que atuaram em sua pesquisa de doutorado, teve a intenção de promover uma discussão sobre conhecimento, sobre a forma como ele é produzido, validado e como isto se dá na escola. São reflexões epistemológicas e que, segundo o próprio pesquisador, são fundamentais na formação inicial e continuada dos professores.

[...] a mudança pedagógica exige uma compreensão sólida da natureza da ciência que se deseja ensinar, pois os professores não abrem mão do que fazem enquanto acreditarem que a ciência química é um conjunto de verdades, descobertas por cientistas químicos, e que saber Química é memorizar e saber repetir essas verdades ou partes delas (MALDANER, 2006, p. 96).

Aqui, o autor chama a atenção para dois aspectos: primeiro, para o papel das crenças e convicções nas escolhas pedagógicas do professor, e segundo, para o entendimento de que a ciência química seria uma forma de conhecimento infalível e acabado. No exercício da prática docente é essencial que o professor entenda sua formação como um processo permanente que se dá num movimento contínuo de construir-se e esvaziar-se cotidianamente. Somente desta forma ele pode constituir sua identidade profissional de forma dinâmica (PIMENTA, 2002).

Na terceira aula da sequência, professor e estudantes realizam a leitura do texto - Fritz Haber, notável cientista e diretor de pesquisa, assessor do exército alemão durante a Primeira Guerra Mundial – elaborado pelo professor/investigador, que traz conceitos sobre a temática, a vida do cientista e assuntos referentes ao contexto histórico, como por exemplo, o bloqueio marítimo sofrido pela Alemanha, que obrigou o país a buscar uma solução para a produção dos fertilizantes dentro de seu próprio território (SILVA, A. N; PATACA, 2018). Apresentamos abaixo a síntese dessa aula:

Quadro 3: Síntese da terceira aula da sequência didática.

Aula	Objetivos de Aprendizagem	Atividades
3	<ul style="list-style-type: none">- Analisar como a pressão e a temperatura influenciam no rendimento de uma reação química em equilíbrio.- Conhecer os trabalhos realizados por Haber na síntese da amônia e no programa de guerra.- Perceber o processo histórico, político e social como determinantes nas escolhas de um cientista.	<p>O Professor e os estudantes realizam a leitura do texto</p> <p>I) Leitura compartilhada de texto (15 minutos). Em seguida, os estudantes conduzem a discussão apresentando seu entendimento e suas dúvidas sobre as ideias apresentadas pelo texto. O professor atua apenas como mediador da discussão.</p> <p>Aula dialogada</p> <p>II) Discussão conceitual sobre os fatores que interferem em uma reação em equilíbrio.</p>

Deste momento da SD, destaco o papel das fontes utilizadas para realizar uma interface com aspectos da HFC. A elaboração do texto, a partir de algumas fontes secundárias, foi um processo enriquecedor. A linguagem utilizada não poderia resultar em uma narrativa que exaltasse os feitos de Fritz Haber e, ao mesmo tempo, a abordagem precisava dialogar com a historiografia atual. Àquela época, mesmo ainda imaturo em relação ao estudo da História da Ciência, encontrei na própria leitura das fontes, caminhos para realizar uma análise crítica e reflexiva. É exatamente isto o que Pimenta (2002) chama de movimento de autoformação, no qual o professor confronta os seus saberes iniciais em função de sua experiência no contexto escolar.

Sobre este aspecto, Porto (2010) coloca que até pouco tempo atrás predominava um modelo de se narrar a HFC em uma perspectiva anacrônica, na qual se abordava a história “buscando estabelecer no passado linhas de continuidade que trouxessem até os conceitos existentes no presente” (2010, p. 165). Trata-se de uma abordagem internalista, pautada apenas nas ideias da própria Ciência, que não reflete a forma como se desenvolve a prática científica.

Essa historiografia antiga podia contribuir com um ensino de Ciências mais “dogmático”, mais voltado para a transmissão cultural; ou mesmo para um ensino mais voltado para emular a atividade científica – o qual acabou por se mostrar uma idealização do que seria fazer Ciência, e

não um reflexo do que ocorria nos laboratórios de pesquisa (PORTO, 2010, p. 165).

Adotar uma nova perspectiva diferente da tradicional na educação obriga o professor a tomar alguns cuidados. Porto (2010) destaca que a leitura de diferentes textos de HFC potencializa uma análise crítica uma vez que permite ao professor identificar o tipo de abordagem historiográfica de cada texto, o que favorece suas decisões em relação a como utilizar as informações nas fontes analisadas.

A historiografia contemporânea volta-se para estudos de caso, onde se realiza um recorte no tempo e no espaço para se identificar as especificidades de um dado episódio e os documentos necessários para sua análise. É um processo no qual se valoriza o contexto, no intuito de compreender o pensamento vigente no período. Esse caminho contribui para identificar se um determinado pensamento passou por um processo de continuidade ou ruptura em relação às ideias que prevaleciam anteriormente, além de permitir a análise das diferentes interpretações das fontes que contribuíram para o desenvolvimento de uma determinada obra científica. Este tipo de procedimento investigativo oferece tais vantagens não só no âmbito do estudo da Ciência, e também para quaisquer outras tradições intelectuais, como a magia, as artes e ofícios, a tecnologia e até mesmo os fatores de natureza psicológica e social (PORTO, 2010).

Entre as estratégias que podem ser utilizadas para aproximar a HFC do trabalho do professor, está a leitura de textos da própria área, atividade que deve ser entendida como “um ponto de partida para debates e reflexões em torno das diferentes tendências historiográficas” (PORTO, 2010, p. 172). O interessante é que o professor não precisa ser instrumentalizado, ou seja, não se faz necessário um mestre explicador para ensiná-lo a trabalhar com a HFC. A partir de sua reflexão, o professor é capaz de construir sua própria crítica frente a diferentes abordagens historiográficas.

Em seu encontro com as fontes historiográficas, o professor deve estar sempre atento: abordagens grandiosas de um determinado cientista, realização de experimentos tidos como cruciais para a história da química e a não problematização dos debates em torno de um pensamento servem de sinais de

alerta sobre o viés historiográfico que se lhe apresenta, devendo ser usados com cautela (PORTO, 2010).

Outra estratégia interessante é aproximar licenciandos e professores das fontes primárias, aquelas ligadas ao próprio tempo em que um conhecimento específico foi gerado, no intuito de realizar uma aproximação com o contexto social, político e econômico da época.

[...] o contato com as fontes primárias deve mostrar ao professor os meandros das ideias do passado, os diferentes significados de conceitos ao longo do tempo, as múltiplas possibilidades de interpretação das observações científicas, os termos em que as divergências de ideias estavam expostas em outras épocas (PORTO, 2010, p. 173).

Este é um aspecto importante que pode ser complementado pelo uso simultâneo de fontes secundárias. No caso da SD, esse é um aspecto que poderia ser modificado, por exemplo, incluindo nas discussões o discurso realizado pelo próprio Fritz Haber na cerimônia em que recebeu o prêmio Nobel em 1918.

Por fim, outro momento importante para esta reflexão envolve a sétima aula da SD.

Quadro 4: Síntese da sétima aula da sequência didática.

Aula	Objetivos de Aprendizagem	Atividades
7	<ul style="list-style-type: none">- Mobilizar os aspectos conceituais do equilíbrio químico.- Possibilitar o uso da retórica entre os estudantes na defesa de um determinado ponto de vista.	<p>Estudantes realizam debate</p> <p>I) Professor realiza uma síntese dos trabalhos de Haber e explica as regras do debate (tempo para questionamento, resposta e réplica).</p> <p>II) Sorteio para escolha do grupo que irá iniciar o debate.</p>

Nessa etapa, os estudantes se organizaram para a realização de um debate, o qual desempenha um papel fundamental, pois mobiliza a capacidade em defender ou refutar oralmente um ponto de vista, uma escolha ou um procedimento de descoberta. Dentre as diferentes modalidades de debates, optamos pela realização de um debate de opinião de fundo controverso, que diz

respeito às crenças e opiniões, não visando chegar a uma decisão, mas, sim, possibilitar a exposição das diversas posições, numa espécie de jogo em que as partes tentam influenciar a posição uma da outra, assim como podem simplesmente precisar ou mesmo modificar a sua própria (DOLZ; SCHNEUWLY; PIETRO, 2004).

O debate se mostrou uma experiência enriquecedora, diria mesmo surpreendente. Os estudantes foram capazes de colocar diferentes pontos de vista a partir do uso dos aspectos conceituais do equilíbrio. As interações entre os estudantes, o ponto de vista de cada um, o momento de escuta e de fala aconteceu naturalmente, sem a necessidade de um mestre que guiasse cada etapa do debate. Tem-se aqui uma perspectiva horizontal, onde todos estão na condição de aprendizes, não há o ignorante e o sábio, o que há é o princípio da igualdade das inteligências. Este é um aspecto marcante, pois evidencia a possibilidade de invertemos a lógica do sistema explicador, praticada de forma tão natural na escola.

Outro aspecto a se ressaltar desta sétima aula diz respeito ao fato de que, ao discutir o papel de Fritz Haber na síntese da amônia e no programa de armas químicas, os estudantes discutiram a própria atividade científica em sua relação com seu contexto do período, destacando as escolhas que, sendo sempre feitas pelo homem, carregam a marca indelével da subjetividade. Isto nos possibilita relativizar o papel que a ciência tradicional costuma atribuir à experiência, entendida aqui como um experimento objetivo destinado à verificação de um fenômeno natural, na aquisição do conhecimento, como sugere Larrosa:

Na ciência moderna o que ocorre com a experiência é que ela é objetivada, homogeneizada, controlada, calculada, fabricada, convertida em experimento. A ciência captura a experiência e a constrói, elabora e expõe segundo seu ponto de vista, a partir de um ponto de vista objetivo, com pretensões de universalidade. Porém com isso elimina o que a experiência tem de experiência e que é, precisamente, a impossibilidade de objetivação e a impossibilidade de universalização (2017a, p. 40).

Ao capturar a experiência e convertê-la em um elemento do método científico, perde-se justamente o seu viés subjetivo, singular e provisório, como mostra a passagem a seguir:

A experiência é sempre de alguém, subjetiva, é sempre daqui e de agora, contextual, finita, provisória, sensível, mortal, de carne e osso, como a própria vida. A experiência tem algo de opacidade, da obscuridade e da confusão da vida, algo da desordem e da indecisão da vida. (LARROSA, 2017a, p. 40).

A linguagem da ciência tenta apagar a subjetividade inerente a todas as ações humanas e se veste de um corpo epistêmico calcado em uma racionalidade técnica, que não deixa espaço para as incertezas, em uma tentativa vã de engendrar um conhecimento universal. Ao contrário, a realização do debate na SD revelou o viés absolutamente subjetivo e o caráter nada universal de como as ideias científicas são produzidas e difundidas.

Por fim, para encerrar a viagem aberta em torno desta experiência, é importante lembrar que ao menos um aspecto importante não foi levantado na SD: a perspectiva do tempo. Conforme vimos no item **Experiência no Tempo**, esta dimensão desaparece na química, o que gera um empobrecimento dos debates em torno da forma como a química acelera, por meio do artificial, os processos que ocorrem na natureza. Ao destacar apenas a busca pelo aumento do rendimento na síntese da amônia, a perspectiva do tempo fica atrelada a um viés produtivista e mercadológico, o de maximizar a produtividade, produzir uma determinada matéria prima no menor tempo possível e com máximo rendimento para atender a certa demanda. Esta questão da produtividade²¹ (razão entre o número de produtos pelo tempo), é algo passível de ser discutido e questionado no ensino, ampliando-se a visão sobre o assunto a partir de uma perspectiva histórica.

Depois da chamada guerra química, países como França, Alemanha, Inglaterra e Estados Unidos perceberam a importância da química, tanto do ponto de vista bélico, como do ponto de vista da produção industrial. Desde então, aceleram-se os processos de alianças entre os químicos e o poder, como mostra a passagem a seguir:

Em todos os países, a investigação de guerra faz-se com carácter de urgência, sem preocupações de optimização, no segredo, sem publicações, por equipes multidisciplinares. [...] São inseparáveis pesquisas sobre proteção – máscaras, tampões, cogulas, respiradores, sem falar de investigações psicológicas sobre a moral das tropas (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 2006, p. 273).

²¹ Informação fornecida por Ermelinda M. Pataca durante uma reunião de orientação.

A importância estratégica da química acaba por estreitar as relações entre a esta área do conhecimento e o estado, que passa a exercer uma política científica, na qual o poder público interfere na produção. Os países industrializados começam a desenvolver suas indústrias químicas no intuito de suprir suas demandas, fato que resulta em uma sobreprodução, com excessos de inúmeros produtos, como adubos e corantes. Este período, marcado pela grande depressão de 1929, culmina na intervenção do estado, que no intuito de exercer maior controle sobre o excedente de produção, passa a promover a fusão de inúmeras companhias, o que resulta em uma concentração do setor (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 2006).

A perspectiva histórica pode ser levantada a partir de qualquer temática do currículo de química nas escolas. Por exemplo, no Equilíbrio Químico, os estudantes transitam por um campo conceitual lançando mão dos aspectos cinéticos e termodinâmicos que interferem no rendimento da reação, como temperatura, pressão e concentração. No entanto, este aspecto fica fortemente atrelado ao sistema químico em si. Não se leva em consideração o fato de que a busca pela produtividade está associada aos interesses em diferentes esferas: a econômica, ligada ao comércio, a do estado com seus interesses nas questões de soberania, e social, no caso, questões vinculadas ao bem-estar que os materiais podem oferecer. Este é um debate que nos conduz ao pensamento de Santos, da necessidade de realizarmos perguntas simples, do tipo, por que se produz tanto? Quais são os mecanismos de interesse por trás desse conhecimento que empodera o químico a melhorar os seus processos? São, enfim, questões que rompem com a lógica disciplinar e descortinam uma janela para discutir a perda de autorregulação da atividade científica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa que aqui se finda revelou muito sobre o ato estar na situação de um professor/pesquisador, que indaga e precisa lidar com inquietações, dúvidas e ter a coragem de fazer recortes. Quando nos propomos a pensar sobre algo, um mundo é descortinado em nossa frente, levando a nossa atenção para muitas direções. Com o desenvolvimento desta investigação não foi diferente. A pesquisa se finda no sentido de prazos a cumprir, mas para nós, há ainda muitas reflexões possíveis sobre os temas apresentados e os que não tivemos oportunidade de realizar um melhor aprofundamento.

O percurso investigativo, traduzido nesta escrita, volta-se para perguntas simples como as realizadas por Rosseau a respeito das ciências e dos cientistas. O progresso das ciências contribui para elevar as virtudes dos homens? Devemos substituir o nosso conhecimento vulgar da natureza pelo conhecimento científico? Qual é o potencial da ciência na resolução dos problemas da humanidade? São questionamentos que rompem com a dicotomia entre homem e natureza e nos conduz a um universo que procura mostrar a natureza negociada do conhecimento científico, com seus erros, avanços e conflitos.

A busca por respostas nos conduziu a aproximação entre a História e Filosofia da Ciência e o Ensino de Química, por meio do acesso à palavra experiência em sua multiplicidade de sentidos. Ao resgatarmos as memórias do professor/pesquisador em relação ao seu processo formativo e de sua trajetória como professor na Educação Básica, atentamos para o fato de que as experiências de vida e a formação estariam presentes em todos os aspectos da pesquisa. No entanto, havia dúvidas: como trazer estas experiências para uma pesquisa acadêmica, sem que parecessem meros relatos descritivos da vida pessoal e formativa do pesquisador? Esta inquietação nos conduziu ao pensamento de Jorge Larrosa.

Compreendemos a potencialidade de soar a palavra experiência perto da palavra existência, da nossa existência como sujeitos históricos, como um modo de estar no mundo, de ler o mundo, encarnado no tempo e no espaço, junto com outros sujeitos (LARROSA, 2017a). A experiência é singular, única para cada indivíduo. Mesmo que duas pessoas passem pelo mesmo acontecimento, não terão a mesma experiência, “o acontecimento é comum, mas a experiência é

para cada qual sua, singular e de alguma maneira impossível de ser repetida” (LARROSA, 2017a, p. 32). Por outro lado, se eu podia olhar para os acontecimentos da minha história e lançá-los numa perspectiva mais ampla do espaço-tempo de modo a ressignificá-los como experiências de fato, ficava claro que o mesmo podia acontecer com qualquer sujeito disposto a refletir sobre a sua existência, ao colocar-se ex-posto àquilo que nela acontece.

Em um movimento de espiral, construímos novos significados em torno da palavra experiência, ora na perspectiva do Tempo, das Epistemologias do Sul e da Docência. Este aspecto se traduziu na própria escritura da tese, que a cada capítulo abordou aspectos da História da Ciência, do Ensino de Química e da Formação do Professor, com olhares distintos para uma mesma problemática.

Outro aspecto perceptível ao leitor é que a estrutura do texto não se fez de forma linear. Procuramos manter as normas estabelecidas pela academia, como os elementos pré-textuais e pós-textuais, além das regras das citações.

Conforme a escrita avançou nos deparamos com outra área de conhecimento: a da linguagem. Estávamos lidando com palavras as quais sempre suscitam muitas interpretações: a experiência, o tempo, epistemologia e formação. Faltavam-me conhecimentos para levar em consideração as variáveis trazidas pela linguística, mas como identifiquei nos trabalhos do filósofo Jorge Larrosa um enfoque próximo àquele proposto por esta área, optamos por investir em sua perspectiva, até porque este não era o foco central do trabalho.

Neste ponto do trabalho algo interessante aconteceu. Ao tentar expressar toda a complexidade das ideias que estavam guardadas em mim e articulá-las com as proposições dos autores, muitas vezes me confundia se o que eu estava dizendo era uma ideia minha ou deles. Que língua era aquela da qual eu me apropriava e que se apropriava de mim num movimento de ir e vir? A resposta veio novamente de Larrosa:

Uma gramática é uma série finita de regras [...] Um esquema de pensamento é uma série finita de regras de constituição de ideias [...] Mas quando uma gramática ou um esquema de pensamento estão constituídos, qualquer coisa que se produza em seu interior dá uma sensação de “já dito”, de “já pensado”, uma sensação de que pisamos em terreno conhecido [...] Por isso uma gramática constituída nos permite dizer “o que todo mundo diz”, ainda que creiamos que dizemos coisas “inovadoras”, e um esquema de pensamento constituído é o que nos faz “pensar o que todo mundo pensa” mesmo que tenhamos a

impressão de que somos nós mesmos que pensamos (2017a, p. 37-38).

Minha identificação com as ideias e discussões apresentadas pelos autores foi tal que passei a sentir suas palavras como minhas. Tais ideias diziam muito sobre o sujeito em formação. E isto fazia todo sentido, pois a intenção era exatamente esta: ressignificar minha própria experiência.

O acesso à experiência e, para além disto o próprio ato de comunicá-la se deu pelo uso de palavras do nosso cotidiano as que são minhas, suas, enfim, de todos. Ao propor esta pesquisa os desafios a respeito do como dizer as coisas foi grande. Não pretendíamos usar a linguagem dos cientistas que pensam a partir da legitimidade da ciência, da técnica ou daqueles que se pautam em resultados, avaliações e progressos. Também não queríamos usar a linguagem daqueles que estão em posições de poder e, em muitos casos, acreditam ser os porta-vozes da verdade.

Achávamos que a linguagem da experiência deveria ser coerente com a ideia que nos acompanhou durante todo o processo: a de ser uma linguagem livre, singular e transformadora. Temos consciência que trouxemos aqui discussões bastante descoladas das pautas científicas e educacionais tradicionais. A igualdade das inteligências, discutida por Rancière, suas reflexões sobre o mestre explicador, as propostas de aproximação com os acontecimentos históricos e suas especificidades sociais, culturais e políticas que tanto influenciam a formação do professor são pautas fundamentais quando se busca uma formação humanística e que permita a troca de lugares e a oportunidade de que todas as vozes sejam ouvidas:

E o mestre ignorante não parava de combater o modo como a vontade de ser compreendidos e de fazer compreender produz, por si mesma, a submissão ao mestre explicador: “é justamente essa pequena palavra, esse lema dos educadores – compreender – o que produz todo o mal”. Porém, se respondemos ao convite dos estudantes, esse que nos desprofessoriza, nossa palavra deve, em contrapartida, desalunizar a eles, ou seja, não falar para eles porque são capazes de compreender (quer dizer, de obedecer) e sim porque são capazes de falar, isto é, porque possuem a capacidade de ver, de sentir, de dizer e de pensar por si mesmos. Ou melhor, porque falamos a mesma língua. Porque a língua que eles e nós falamos é entendimento, [...] porém é, sobretudo, *energia*, potência. E porque talvez eles também tenham algo a nos dizer (LARROSA, 2017a, p. 159, *grifo do autor*).

Conscientes disto, nossa proposta foi a de pensar a ciência, a educação e a formação a partir de uma outra perspectiva: a da experiência. A partir de um diálogo aberto, em que os envolvidos se coloquem ‘ex-postos’, disponíveis e se permitam desprender-se de sua linguagem do dia a dia e trazer para a conversa uma outra linguagem:

Me atrevo agora a convidar você a abandonar as linguagens dominantes da pedagogia, tanto a linguagem da técnica, do saber e do poder, como a linguagem da crítica, da vontade e da ação, essas linguagens que não captam a vida, que estão cheias de fórmulas, que se ajustam perfeitamente à lógica policial da biopolítica, linguagens emprestadas da economia, da gestão, das ciências positivas que tornam tudo calculável, identificável, mensurável, manipulável. E se digo a você que “gostaria de poder falar com você” é também porque não sei em que língua, porque teremos que procurar uma língua que esteja entre nós, uma língua da qual a única coisa que sei é que não pode ser nem a sua nem a minha que nunca poderá ser a própria de nenhum de nós, mas na qual, talvez, teremos de nos falar, você e eu, em nome próprio (LARROSA, 2017, p. 69-70).

Para encerrar este texto, porém não os debates, que serão bem vindos em outras conversas, volto à essência da palavra experiência: ela “vem do latim *experiri*, provar (experimental)”. Neste processo foram muitas as ideias e os acontecimentos experimentados. [...] “O radical é *periri*, que se encontra também em *periculum*, perigo”. A raiz [...] é *per*, [...] se relaciona antes de tudo com a ideia de travessia” (LARROSA, 2017, p. 26). Diante da natureza da pesquisa e da minha imperícia em muitos assuntos, acredito que foi, de fato, uma travessia um tanto quanto perigosa.

Na origem de nossa língua uma palavra também carrega o *per* de travessia: a palavra *peiratês*, pirata. Acho que como um pirata, o sujeito da experiência, assim como me sinto, se arrisca a atravessar espaços obscuros, indefinidos e perigosos, pondo-se à prova, ‘ex-posto’, disposto a encontrar outras possibilidades, outras vozes e outras experiências.

REFERÊNCIAS

ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; FERRAZ, M. H. M. **A recepção da química moderna no Brasil**. Quipu, vol. 7, nº1, p. 73-91, 1990.

ALFONSO- GOLDFARB, A. M. **Da alquimia à química**. São Paulo: Landy, 2001.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996. 316p.

BELMAR, A. G.; SÁNCHEZ, J. R. B., 2006. **La revolución química**: entre la historia y la memoria. ePub. Universitat de València, 2006.

BELHOSTE, B. **Das ciências instituídas às ciências ensinadas, ou como levar em conta a atividade didática na história das ciências**. Revista Brasileira de História da Educação, v. 11, n. 3 (27), p. 47-61, set./dez., 2011.

BELMAR, A. G.; SÁNCHEZ, J. R. B. **La revolución química**. Entre la historia y la memoria. ePub. Universitat de València, 2006.

BENJAMIN, W. **Magia técnica, arte e política**: ensaios sobre literatura e história da cultura. 7. Ed. São Paulo: Brasiliense, 1994. 253p.

BENSAUDE-VICENT, B.; STENGERS, I. **História da química**. 4. ed. Instituto Piaget, 1996.

BENSAUDE-VICENT, B.; SIMON, J. **Chemistry**: the impure science. London: Imperial College Press, 2008.

BRUM, E. **O Terremoto que Abalou a Ciência**. 29 out. 2012. Disponível em: <<http://revistaepoca.globo.com/Sociedade/eliane-brum/noticia/2012/10/o-terremoto-que-abalou-ciencia.html>>. Acesso em: 14 abril 2016.

CAMPOS, C.; CACHAPUZ, A. **Imagens de ciência em manuais de química portugueses**. Química Nova na Escola, n. 6, p. 24-29, nov. 1997.

Carvalho, R. S. **Lavoisier e a sistematização da nomenclatura química**. Scientia Studia, v. 10, n. 4, p. 759-771, 2012.

CHAGAS, A. P. **A síntese da amônia**: alguns aspectos históricos. Química Nova, Vol. 30, n. 1, 240-247, 2007.

D'ALEMBERT, J. L. R. **Experimental (filosofia natural)**. IN: Enciclopédia, ou Dicionário razoado das ciências, das artes e dos ofícios. v. 2: O sistema dos conhecimentos / Diderot, D.; D'Alembert, J. L. R. Pimenta, P. P.; Souza, M. G. (orgs.). São Paulo: Editora Unesp, 2015.

DANTES, M. A. M. **As ciências na história brasileira**. Ciência e Cultura. v. 57, n. 1, 2005.

DASTON, L. **The empire of observation, 1600-1800**. IN: DASTON, L.; LUNBECK, E. Histories of scientific observation. University of Chicago Press, 2011.

DASTON, L.; LUNBECK, E. **Histories of scientific observation**. University of Chicago Press, 2011.

DOLZ, J.; BERNARD, S.; PIETRO, J. F. **Relato da elaboração de uma sequência**: o debate público. Gêneros orais e escritos na escola. Tradução e organização: Roxane Rojo e Glais Sales Cordeiro. Campinas: Mercado de Letras, 2004, p. 247-278.

DUMARSAIS, C. C. **Experiência (termo abstrato, filosofia)**. IN: Enciclopédia, ou Dicionário razoado das ciências, das artes e dos ofícios. v. 2: O sistema dos conhecimentos / Diderot, D.; D'Alembert, J. L. R. Pimenta, P. P.; Souza, M. G. (orgs.). São Paulo: Editora Unesp, 2015.

DUTRA, A; CARVALHO, W. **Quanto tempo o tempo tem**. 2015. Documentário.

EDDY, M. D.; MAUSKOPF, S. H.; NEWMAN, W. R. **Chemical knowledge in the early modern world**. Osiris, v. 29, 2014.

ELIAS, N. **Sobre o tempo**. Rio de Janeiro: Zahar, 1998. 165p.

ELIAS, N. **A sociedade de corte**: investigação sobre a sociologia da realeza e da aristocracia de corte. Rio de Janeiro: Zahar, 2001. 312p.

FERRAZ, M. H. M. **O Processo de Transformação da Teoria do Flogístico no Século XVIII**. 1991. Dissertação. Departamento de História da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo.

FILGUEIRAS, C. A. L. **Origens da Química no Brasil**. Campinas, SP: Sociedade Brasileira de Química, 2015. 504p.

FRODEMAN, R. **Geociências nos currículos dos ensinos básico e secundário**. Aveiro: Universidade, 2001. 329p.

FIGUEIRÔA, S. F. M. **Mundialização da ciência e respostas locais**: sobre a institucionalização das ciências naturais no Brasil (de fins do século XVIII à transição ao século XX). Asclepio. Madrid: v. L, n. 2, p. 107-123, 1998.

FIGUEIRÔA, S. F. M. (Orgs.) **Um olhar sobre o passado**: história da ciência na América Latina. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2000.

FIGUEIRÔA, S. F. M. **Diálogo sem Fronteira: a história da ciência e o ensino**. 03 abr. 2012. Disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=F1esXklb1IQ>>. Acesso em: 06 jun. 2018.

FOULCAULT, M. **Ética, Sexualidade, Política**. Coleção Ditos e Escritos, vol. 5. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2006.

FREIRE, P.; SHOR, I. **Medo e Ousadia - O Cotidiano do Professor**. Coleção educação e comunicação, v. 18. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1986.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

FREIRE, P. **Pedagogia da indignação: cartas pedagógicas e outros escritos**. São Paulo: Editora Unesp, 2000.

GANDOLFI, H. M. **As nitreiras no Brasil dos séculos XVIII e XIX: uma abordagem histórica no ensino de ciências**. Revista Brasileira de História da Ciência, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 279-297, 2014.

GHEDIN, E; FRANCO, M. A. S. **Questões de método na construção da pesquisa em educação**. São Paulo: Cortez, 2008.

GOODAY, G.; LYNCH, J. M.; WILSON, K. G.; BARSKY, C. K. **Does science education need the history of science?** Isis. Chicago, v.99, n.2, p.322-330, 2008.

HADDAD, T. A. S. **Um olhar estrangeiro sobre a “etnografia implícita” dos portugueses na Goa quinhentista**. Revista brasileira de História da Ciência, Rio de Janeiro, v. 4, n. 2, p. 155-166, jul./dez., 2011.

HANKINS, T. L. **Ciência e Iluminismo**. 1a ed. Porto Editora, 2004.

HODSON, D. **Philosophy of science, science and science Education**. Studies in Science Education. Ledds, v. 12, p. 250-27, 1985, p. 27.

HODSON, D. **Experiments in science and science teaching**. Educational Philosophy and Theory, v. 20, p. 53 - 66, 1988. Tradução, para estudo, de Paulo A. Porto. QFL 3503.

KLEIN, U. **A revolution that never happened**. Studies in History and Philosophy of Science, 49, p. 80-90, 2015.

KUHN, T. **A estrutura das revoluções científicas**. Trad. B.V. Boeira e N. Boeira. 12. ed. São Paulo: Perspectiva, 2013.

LAFUENTE, A.; ORTEGA, M. **Modelos de Mundialización de La Ciencia**. Arbor, t. 142, p. 93-117, 1992.

LARROSA, J. **O Ensaio e a Escrita Acadêmica**. Educação & Realidade, v. 28 (2), p. 101-115, jul/dez 2003.

LARROSA, J. **Tremores: escritos sobre a experiência**. Belo Horizonte: Autêntica, 2017a. 175 p.

LARROSA, J. **Pedagogia profana**: danças, piruetas e mascaradas. 6. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2017b.

LEMES, A. F. G.; PORTO, P. A. **Introdução à filosofia química**: uma revisão bibliográfica das questões mais discutidas na área e sua importância para o ensino de química. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências. v. 13, n. 3, p. 121-147, 2013a.

LEMES, A. F. G.; PORTO, P. A. **O fazer química e o ensinar química**: algumas considerações em torno do realismo químico. IX congresso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias, p. 1531-1538, 2013b.

LUNA, F. J. **Vicente Seabra Telles e a criação da nomenclatura em português para a química ‘nova’ de Lavoisier**. Química Nova, v. 36, n. 6, p. 921-926, 2013.

MACHADO, A. **Caminante, son tus huellas**. Disponível em: <<http://www.poesi.as/amach164.htm>>. Acesso em: 18 maio 2018.

MALDANER, O. A. **A formação inicial e continuada de professores de química: professores/pesquisadores**. Unijuí: Ijuí, 2006.

MASSCHELEIN, J; SIMONS, M. **A pedagogia, a democracia, a escola**. 1. ed Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2014.

MATHEWS, M. R. **História, filosofia e ensino de ciências**: a tendência atual de reaproximação. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

MOCELLIN, R. C. **A química newtoniana**. Química Nova, v. 29, n. 2, p. 388-396, 2006.

NEWMAN, W. R. **Promethean ambitions**: alchemy and the quest to perfect nature. University of Chicago Press, 2004.

OLIVEIRA, I. B. **Boaventura & educação**. 2. ed. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2008. 144p.

OKI, M. C. M; MORADILHO, E. F. **O Ensino de história da química**: contribuindo para a compreensão da natureza da ciência. Ciência & Educação, v. 14, n. 1, p. 67-88, 2008.

PAIVA, E. F. **Bateias, carumbés, tabuleiros: mineração africana e mestiçagem no Novo Mundo**. IN: PAIVA, E. F.; ANASTASIA, C. M. J. (Orgs). O trabalho mestiço: maneiras de pensar e formas de viver – séculos XVI a XIX. São Paulo: Annablume, 2002, p.187-207.

PATACA, E. M.; PINHEIRO, R. **Instruções de viagem para a investigação científica do império brasileiro**. Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência. v. 3, n. 1, p. 58-79, 2005.

PATACA, E. M. **Coletar, preparar, remeter, transportar – práticas de história natural nas viagens filosóficas portuguesas (1777-1808)**. Revista Brasileira de História da Ciência. v. 4, n. 2, p. 125-138, 2011.

PATACA, E. M. **Mobilidades e permanências de viajantes no mundo português: entre práticas e representações científicas e artísticas**. 2016. 385 f. Tese de Livre-Docência. Faculdade de Educação, USP, São Paulo.

PATACA, E. M. **A química de Newton**. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Gq7JaNI_o-8>. Acesso em: 01 jun. 2018.

PRATT, M. L. **Os olhos do império: relatos de viagem e transculturação**. Bauru, SP: EDUSC, 1999.

PIMENTA, S. G. (Org) **Saberes pedagógicos e atividade docente**. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2002.

POMATA, G. **Observation rising: birth of an epistemic genre, 1500–1650**. IN: DASTON, L.; LUNBECK, E. *Histories of scientific observation*. University of Chicago Press, 2011.

POLANCO, X. **La Ciencia como Ficción. Historia y contexto**. IN: *El Perfil de la ciencia em America*. Quadernos Quipu, 1. México: Sociedade Latinoamericana de Historia de las Ciencias y de la Tecnologia, 1986. p. 41-56.

PORTO, P. A. **História e filosofia da ciência no ensino de química: em busca dos objetivos educacionais da atualidade**. In: Maldaner, O. A.; SANTOS, W. L. P. (Org.). *Ensino de Química em Foco*. 4. ed. Rio Grande do Sul: Unijuí, 2010. p. 159-180.

RAJ, K. **Relocating modern science: circulation and the construction of knowledge in South Asia and Europa, 1650-1900**. Palgrave Macmillan, 2010. 284 p.

RAJ, K. **Circulação não é fluidez**. jun. 2016. Disponível em: <http://www.sbhc.org.br/conteudo/view?ID_CONTEUDO=944>. Acesso em: 13 fevereiro 2018.

RANCIÈRE, J. **O mestre ignorante: cinco lições sobre a emancipação intelectual**. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2015.

ROSA, J. G. **Manuelzão e Miguilim: Corpo de Baile**. 11. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2001. 265p.

ROSSI, P. **Francis Bacon: da magia à ciência**. Curitiba: Editora da UFPR, 2006. 447p.

SALDAÑA, J.J. **Ciência e identidade cultural**: história da ciência na América Latina. IN: FIGUEIRÔA, S. F. M. Um Olhar sobre o Passado: História da ciência na América Latina. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2000. p. 11-31.

SANTOS, B. S. **Introdução a uma ciência pós-moderna**. Rio de Janeiro: Graal, 1989. 176p.

SANTOS, B.S. **Um discurso sobre as ciências**. 6. ed. São Paulo: Cortez, 2009. 92p.

SANTOS, B. S.; MENESES, M. P. (Orgs) **Epistemologias do sul**. 1. ed. São Paulo: Cortez, 2010. 637p.

SANTOS, B. S. **A crítica da razão indolente**: contra o desperdício da experiência. v. 1. 8. ed. São Paulo: Cortez, 2011. 3v.

SANTOS, B. S. **Brasil: A grande divisão**. 05 nov. 2014. Disponível em: <<http://www.cartamaior.com.br/?/Coluna/Brasil-A-Grande-Divisao/32167>>. Acesso em: 24 maio 2016.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. **Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira**. Ensaio. v. 2, n. 2, dez, p. 1-23, 2000.

SILVA, A. N; PATACA, E. M. **O ensino de equilíbrio químico a partir dos trabalhos do cientista alemão Fritz Haber na síntese da amônia e no programa de armas químicas durante a Primeira Guerra Mundial**. Química Nova na Escola, v. 40, n. 1, p. 33-43, fev. 2018.

SILVA, M. R. B. **História e historiografia das ciências latino-americanas: Quipu (1984-2000)**. Revista Brasileira de História da Ciência, Rio de Janeiro, v. 7, n. 1, p. 47-57, jan/jun. 2014.

SILVA, R. M. G; SCHNETZLER, R. P. **Concepções e ações de formadores de professores de química sobre o estágio supervisionado**: propostas brasileiras e portuguesas. Química Nova, v. 31, n. 8, p. 2174-2183, 2008.

VERMEREN, P.; CORNU, L.; BENVENUTO, A. **Atualidade de o mestre ignorante**. Educação & Sociedade. Revista de Ciências da Educação. Campinas, v. 24, n. 82, p. 185-202, abril 2003.

VESSURI, H. M. C. **Los papeles culturales de la ciencia em los países subdesarrollados**. IN: El Perfil de la Ciencia en America. Quadernos Quipu, 1. México: Sociedade Latinoamericana de Historia de las Ciencias y de las Tecnologias, 1986. p. 7-17.

VIDAL, P. H. O.; CHELONI, F. O.; PORTO, P. A. **O Lavoisier que não está presente nos livros didáticos**. Revista Química Nova na Escola, n. 26, nov. de 2007.

ZABALA, A. **A prática educativa:** Como ensinar. 1. ed. Porto Alegre: Artmed, 1998. 224p.

ZATERKA, L. **Robert Boyle e a Filosofia Experimental:** a química como chave para a interpretação da natureza. 2003. Tese de Doutorado. Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, USP, São Paulo.

ZATERKA, L. **Corpuscularismo e experiência:** Francis Bacon e Robert Boyle. IN: Alfonso-Goldfarb, A. M.; Beltran, M. H. R. (Orgs.). O saber fazer e seus muitos saberes: experimentos, experiências e experimentações. 1. ed. São Paulo: EDUC/FAPESP, v. 1, p. 145-170, 2006.

ZATERKA, L. **As teorias da matéria de Francis Bacon e Robert Boyle:** forma, textura e atividade. Scientia Studia, v. 10, n. 4, p. 681-709, 2012.

ANEXO I

O Ensino de Equilíbrio Químico a partir dos trabalhos do cientista alemão Fritz Haber na síntese da amônia e no programa de armas químicas durante a Primeira Guerra Mundial

Neste artigo relataremos uma experiência didática, realizada com estudantes da 3ª série do ensino médio de uma escola da cidade de São Paulo (SP), que apresenta uma perspectiva de inserção de aspectos da História das Ciências no ensino de Química, na intenção de promover reflexões acerca dos aspectos sociais, políticos e econômicos da prática científica. A abordagem histórica concentrou-se nos trabalhos realizados pelo químico alemão Fritz Haber, na busca por uma solução que aumentasse o rendimento da reação de síntese da amônia e de sua participação, no decorrer da 1ª Guerra Mundial, no desenvolvimento de armas químicas.

Palavras-chave: História da Química, Ensino de Química, Fritz Haber, Equilíbrio Químico

A inserção de aspectos da História e Filosofia da Ciência no Ensino tem sido objeto de análise de inúmeros pesquisadores, que desde meados da década de 1980 discutem reformas curriculares e formas de abordagem que promovam a construção do conhecimento científico em seu contexto cultural, de modo a reduzir a fragmentação com que geralmente é apresentado em sala de aula. Esta construção é tida por inúmeros pesquisadores da área de ensino de química como importante componente na formação tanto dos estudantes quanto dos professores (SCHNETZLER, 2002; MORTIMER e SANTOS, 2008; ZANON e MALDANER, 2007).

Mathews (1995) destaca que o uso da História da Ciência (HC) humaniza as ciências, aproxima dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade e possibilita que a aula se torne mais dialogada e desafiadora, culminando num entendimento integral da matéria a ser ensinada.

Esta colocação vem ao encontro de inúmeros estudos que apresentam constatações e tendências em relação às práticas de ensino e às políticas públicas desenvolvidas na área de Educação (CAMPOS; CACHAPUZ, 1997; GOODAY; LYNCH; WILSON; BARSKY, 2008; PORTO, 2010).

Assim, como alternativa para o Ensino de Ciências, a HC contribui para o desenvolvimento de habilidades de análise, interpretação e crítica. O professor cria condições para que os estudantes conheçam os contextos históricos e sociais em que determinados conhecimentos foram desenvolvidos (CHASSOT, 2000), o que rompe com uma visão dogmática da ciência.

Os próprios documentos oficiais brasileiros, como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e as Diretrizes Curriculares para os cursos de graduação, enfatizam a necessidade de uma formação mais humanística na área de ciências (BRASIL, 2001a, 2002b). Pode-se observar, a seguir, especificamente no caso da Química, que nos PCN+ algumas competências e habilidades a serem desenvolvidas pelos estudantes do Ensino Médio envolvem a História da Ciência:

É fundamental que se mostre através da história, as transformações das ideias sobre a constituição da matéria, contextualizando-as. A simples cronologia sobre essas ideias, como é geralmente apresentada no ensino, é insuficiente, pois pode dar uma ideia equivocada da ciência e da atividade científica, segundo a qual a ciência se desenvolve de maneira neutra, objetiva e sem conflitos, graças a descobertas de cientistas, isoladas do contexto social, econômico ou político da época (BRASIL, 2002b, p. 96).

A Base Nacional Comum Curricular – BNCC – (2016), que vem sendo discutida no Brasil com seus avanços e retrocessos, reafirma a necessidade de um ensino de química com uma perspectiva sócio histórica, para que o estudante compreenda o nascimento das teorias e suas controvérsias. Apesar desta perspectiva, o documento enfatiza a seleção e o ensino de determinados conteúdos, sem refletir na forma como este conjunto de saberes se relacionam com os diferentes contextos regionais que encontramos em nosso país.

Ao considerar o ensino como um conjunto de saberes estanques e fechados a serem transmitidos, desconsidera-se a vivência do estudante, sua cultura e os saberes que carrega consigo e que são gerados por suas experiências. Isto torna o ensino pragmático, a serviço de um programa escolar questionável, que pode resultar na manutenção do *status quo*. A ideia de “humanização” da ciência e conseqüentemente, da formação humanística do indivíduo, está fortemente atrelada à forma como o conhecimento é abordado em sala de aula.

Este artigo refere-se a uma experiência didática, realizada com estudantes da 3ª série do ensino médio de uma escola da cidade de São Paulo (SP), entre os anos de 2014 e 2015 e tem a intenção de socializar um possível caminho metodológico para realização da abordagem histórica em sala de aula. O trabalho realizado envolveu a participação de três turmas da 3ª série, com uma média de 25 estudantes por sala. A construção de um percurso que contemple a interface entre HC e ensino não é algo simples, uma vez que a realidade escolar coloca o educador diante da necessidade de desenvolver um programa de ensino muitas vezes extenso, pré-determinado em função de exames externos e pautado na transferência de conteúdo.

A busca por um Ensino de Ciências que contemple esta perspectiva mais humanista, passa pelo rompimento com o modelo tradicional de ensino – assentado de modo geral na memorização, repetição e resolução padronizada de exercícios. Neste sentido, Derek Hodson (1985) afirma que um ensino tradicional pode resultar em ideias equivocadas sobre o desenvolvimento científico. Dentre estas visões equivocadas sobre ciências, o autor destaca aquela na qual o conhecimento científico é tido como o meio pelo qual se acessa a verdade a respeito do mundo natural; que o conhecimento científico resulta da observação direta de um fenômeno; que é uma atividade neutra, à margem de fatores sócio históricos e econômicos.

Utilizamos como mote as contribuições do químico alemão Fritz Haber (1868-1934) na síntese da amônia e sua participação no programa de armas químicas na Alemanha no decorrer da 1ª Guerra Mundial para abordarmos a temática do equilíbrio químico no ensino médio e abrirmos uma janela para discutir alguns aspectos da atividade científica, como as escolhas de natureza ética, cuja compreensão passa por um olhar que abarque o contexto histórico no qual o personagem que conduz esta narrativa se insere.

A escolha da reação química de síntese da amônia, a partir dos gases hidrogênio e nitrogênio, é interessante por ser uma reação que produz uma substância de relevante importância econômica e social, com aplicações na produção de fertilizantes, explosivos, plásticos e pigmentos. Além disto, foi protagonista no começo do século XX em virtude do crescimento populacional, que exigia uma maior produção de alimentos. Por se tratar de uma reação química reversível, cujo rendimento depende de fatores cinéticos e

termodinâmicos, o seu uso na discussão da temática do equilíbrio químico se tornou intrínseco, inclusive pelo fato de Haber e seus colaboradores terem contribuído de forma decisiva na viabilização de sua síntese em larga escala.

O ensino do equilíbrio químico tem sido objeto de investigação por educadores da área, dado o caráter abstrato de seus conceitos como: sua natureza dinâmica, a caracterização do estado de equilíbrio, os limites de aplicação do Princípio de Le Chatelier, o significado da expressão matemática da constante de equilíbrio (K_c), dentre outros.

Optamos por abordar o equilíbrio químico a partir da termodinâmica, discutindo a ideia de que um sistema reacional caminha para a estabilidade, ou seja, para um patamar de menor energia potencial. Este caminho só foi possível pelo fato dos estudantes terem vivenciado, em temáticas anteriores, como Termoquímica, conceitos de espontaneidade, entropia e energia livre. Desta forma, a caracterização do estado de equilíbrio não foi realizada a partir da igualdade das velocidades das reações direta e inversa, artifício amplamente presente em livros didáticos e que tem sido objeto de questionamento e reflexão por pesquisadores da área de ensino (MACHADO; ARAGÃO, 1996; JUSTI; MILAGRES, 2001; SABADINI; BIANCHI, 2007).

Por se tratar de um conceito abstrato, estabelecemos uma analogia, no caso, um jogo didático²², no intuito de facilitar o entendimento do conceito de equilíbrio químico. Apesar de algumas limitações e diferenças em relação ao sistema químico real, como o fato de apresentar uma visão compartimentada do sistema e de transmitir a ideia de que a reação química inversa ocorre a partir de um determinado instante e não desde o início do processo, o seu uso se mostrou pertinente para elaboração conceitual, ao discutir as limitações de um modelo explicativo e sobretudo para construção de tabelas e gráficos que contribuem na discussão do rendimento de uma reação química e no cálculo da razão entre as quantidades de produtos e reagentes, em analogia à constante de equilíbrio (RAVIOLO; GARRITZ, 2008; SOARES; OKUMURA; CAVALHEIRO, 2003).

A ideia de abordar a HC vinculada ao ensino do Equilíbrio Químico surgiu a partir do trabalho de Aécio Pereira Chagas (2007), que discute o processo de

²² Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc18/A03.PDF>> acesso em 04 de mar. 2017.

síntese da amônia a partir dos gases hidrogênio e nitrogênio. Além de apresentar alguns aspectos químicos do gás nitrogênio, o autor discute o impacto que a síntese da amônia exerceu sobre a atividade industrial e sua aplicação na produção de fertilizantes em larga escala. Ao discorrer sobre Fritz Haber, Chagas destaca sua trajetória pessoal, acadêmica e sua participação durante a Primeira Guerra Mundial como assessor do exército alemão na chamada “guerra química”, sendo um dos responsáveis pela utilização de gases irritantes ou venenosos como arma de guerra. *Seria ético um cientista utilizar o seu conhecimento no desenvolvimento de armas letais? O que se espera de um cientista em tempos de guerra?* São questionamentos de natureza ética que norteiam a sequência de ensino que será apresentada adiante.

A SEQUÊNCIA DIDÁTICA (SD)

Fritz Haber foi uma das grandes mentes do século XX, seu processo de síntese da amônia foi revolucionário, uma vez que possibilitou realizar a produção de fertilizantes em larga escala. O processo conhecido como Haber-Bosch foi fundamental para a Alemanha, que devido ao bloqueio marítimo britânico, viu a importação de salitre ser interrompida, o que comprometeu a produção agrícola e a fabricação de explosivos. Até a atualidade o método Haber-Bosch é utilizado na síntese de fertilizantes e outros produtos derivados da amônia (CHAGAS, 2007).

O feito de Haber contrasta com a sua decisão de participar do programa de armas químicas na 1ª Guerra Mundial. O que levou Haber a realizar uma atividade tão passível de questionamento? Quais argumentos e interesses políticos que sustentaram suas ações? Quais seriam os possíveis desdobramentos que ora se produzia?

A escolha deste cientista e sua contribuição na síntese deste gás em larga escala, abre uma janela para discussão de inúmeros aspectos sobre a importância da atividade científica. No entanto a sua participação durante a 1ª Guerra Mundial, no desenvolvimento de armas químicas, traz à tona também, e de forma não menos importante para o debate, as questões *éticas, políticas e econômicas* que interferem na prática científica. A SD foi desenvolvida no decorrer de dez aulas, sendo que cada aula teve a duração de sessenta e cinco

minutos. O quadro 1 contém informações sobre as atividades desenvolvidas na sequência de ensino relatada nesse trabalho.

Quadro 1: Sequência Didática com as três turmas da 3ª série do Ensino Médio.

Aula	Objetivo de Aprendizagem	Atividade	Recurso utilizado
1	<ul style="list-style-type: none"> - Evidenciar que a busca por uma solução técnica para um determinado problema, em alguns casos, vincula-se a uma demanda social e econômica. - Reconhecer que, em certas transformações químicas, há coexistência de reagentes e produtos (estado de equilíbrio químico, extensão da transformação). - Levantar o conhecimento prévio dos estudantes acerca dos fatores que interferem em uma transformação química. 	<p>Aula dialogada</p> <p>I) Colocar algumas descobertas realizadas pelo Homem, como o carro, o computador, a eletricidade e o átomo. Questionar qual dessas descobertas os estudantes consideram a mais importante.</p> <p>II) Colocar, como contraponto, a reação de síntese da amônia, a partir do <i>teaser</i> sobre o processo Haber-Bosch.</p> <p>III) Discussão sobre a extensão de uma reação química e sobre os fatores que interferem em uma transformação química.</p>	<p>Vídeo - <i>teaser</i> sobre o processo Haber-Bosch</p> <p>(https://www.youtube.com/watch?v=o1_D4FscMnU)</p>
2	<ul style="list-style-type: none"> - Compreender o conceito de Equilíbrio Químico. - Elaborar a construção de tabelas e gráficos para caracterização do estado de equilíbrio. - Representar, por meio da constante de equilíbrio químico, a relação entre as concentrações de reagentes e produtos em uma transformação química. 	<p>Estudantes organizados em grupos</p> <p>I) Realização de um Jogo Didático para o ensino do estado de equilíbrio. O jogo consiste em dois sistemas (caixas) que trocam elementos entre si, em intervalos de tempo pré-determinados. A partir de determinado instante a troca é realizada ao mesmo tempo, o que configura o estado de equilíbrio.</p> <p>II) Construção de gráficos para reações genéricas reversíveis.</p> <p><i>Aula dialogada</i></p>	<p>Artigo - QNESC</p> <p>(http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc18/A03.PDF)</p>

		III) Discutir os aspectos conceituais que caracterizam o estado de equilíbrio.	
3	<ul style="list-style-type: none"> - Analisar como a pressão e a temperatura influenciam no rendimento de uma reação química em equilíbrio químico. - Conhecer os trabalhos realizados por Haber na síntese da amônia e no programa de guerra. - Perceber o processo histórico, político e social como determinantes nas escolhas de um cientista. 	<p>Professor e estudantes realizam a leitura do texto</p> <p>I) Leitura compartilhada de texto (15 minutos). Em seguida, os estudantes conduzem a discussão pontuando o entendimento e dúvidas sobre as ideias apresentadas pelo texto. Professor atua apenas como mediador da discussão.</p> <p>Aula dialogada</p> <p>II) Discussão conceitual sobre os fatores que interferem em uma reação em equilíbrio.</p>	<p>Texto produzido pelo educador: Fritz Haber, notável cientista e diretor de pesquisa, assessor do exército alemão durante a Primeira Guerra Mundial (ANEXO I)</p>
4 e 5	<ul style="list-style-type: none"> - Elaborar modelo explicativo sobre os fatores que interferem no equilíbrio químico. - Refletir sobre as limitações do Princípio de Le Chatelier. - Identificar as variáveis que perturbam o estado de equilíbrio químico. 	<p>Estudantes organizados em grupos</p> <p>I) Realização de atividade experimental sobre deslocamento de equilíbrio, proposta por FERREIRA; HARTWIG; ROCHA-FILHO, 1997).</p> <p>II) Socialização dos resultados obtidos e discussão dos conceitos envolvidos.</p> <p>Aula dialogada</p> <p>III) Elaboração conceitual sobre como a pressão, temperatura e concentração podem interferir em uma reação em equilíbrio.</p> <p>IV) Discutir as limitações do Princípio de Le Chatelier com base no trabalho de (CANZIAN; MAXIMIANO, 2010)</p>	<p>Artigo - QNESC (http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc05/exper1.pdf)</p>
	- Refletir acerca do papel desempenhado por Fritz Haber no desenvolvimento de armas	<p>Estudantes assistem ao filme</p> <p>I) Filme: Haber, o Pai da Guerra Química.</p>	

6	químicas durante a 1ª Guerra Mundial.	<p>Pesquisa na biblioteca</p> <p>II) Mobilizar os estudantes para realização de um debate que discuta o papel de Haber no desenvolvimento de armas químicas.</p> <p>III) Organização dos grupos favoráveis e contrários ao recebimento do prêmio Nobel a Fritz Haber por seus trabalhos na síntese da amônia.</p> <p>IV) Estudantes devem registrar os argumentos para realização do debate.</p>	<p>Filme</p> <p>(http://www.haberfilm.com/education.html)</p>
7	<ul style="list-style-type: none"> - Mobilizar os aspectos conceituais do equilíbrio químico. - Possibilitar o uso da retórica entre os estudantes na defesa de um determinado ponto de vista. 	<p>Estudantes realizam debate</p> <p>I) Professor realiza uma síntese dos trabalhos de Haber e explica as regras do debate (tempo para questionamento, resposta e réplica).</p> <p>II) Sorteio para escolha do grupo que irá iniciar o debate.</p>	<p>Gravador e bloco de anotações para registrar as ideias/argumentos dos estudantes.</p>
8 e 9		<ul style="list-style-type: none"> - Realizar fechamento da sequência didática a partir de uma aula dialogada, pautada na sistematização e exercício dos conceitos fundamentais do equilíbrio químico. 	<p>Lista de Exercícios</p>
	<ul style="list-style-type: none"> - Ler e interpretar informações e dados apresentados na forma de equações químicas, tabelas, gráficos e esquemas. - Reconhecer que, em certas transformações químicas, há coexistência de reagentes e 	<p>Avaliação dissertativa de Química estruturada em quatro partes:</p> <p>a) questões objetivas (teste);</p> <p>b) produção textual;</p> <p>c) questões analíticas;</p>	<p>Instrumento avaliativo por escrito</p>

10	<p>produtos (estado de equilíbrio químico, extensão da transformação).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identificar as variáveis que perturbam o estado de equilíbrio químico. - Representar, por meio da constante de equilíbrio químico, a relação entre as concentrações de reagentes e produtos em uma transformação química. - Utilizar modelos explicativos para compreender o equilíbrio químico. 	d) análise de tabelas e gráficos.	
----	---	-----------------------------------	--

Para iniciar a discussão sobre a reversibilidade das transformações químicas (Aula 1), optamos por uma sequência na qual ficasse claro aos estudantes a relação de um conhecimento produzido no interior do laboratório, com todo o contexto vigente no momento de seu desenvolvimento. Como início de conversa houve uma sensibilização sobre o tema, a partir de um *teaser*, o qual apresentava de forma sucinta, o processo de Haber e seus colaboradores na produção de fertilizantes por meio da síntese da amônia. Esta sensibilização gerou uma discussão acerca dos fatores que interferem em uma reação química, além de mobilizar os conhecimentos dos estudantes a respeito dos aspectos físico-químicos que interferem no rendimento de uma reação que envolve gases (pressão, temperatura e concentração).

Neste instante, os estudantes começam a perceber que falaríamos sobre um cientista específico, sobre uma reação química que possibilita a produção de fertilizantes e sobre os fatores que interferem em seu rendimento. Este momento se mostrou oportuno para discutir os aspectos conceituais de uma reação em equilíbrio.

Partimos de um jogo didático que tem como proposta discutir os aspectos conceituais de uma reação que atinge o estado de equilíbrio. Os resultados obtidos no jogo possibilitam discutir a questão da reversibilidade de uma reação química e realizar a construção de gráficos para reações genéricas que apresentam diferença de rendimento. Este é um momento interessante para retomar a síntese da amônia e as contribuições de Haber na tentativa de melhorar o rendimento de sua síntese (SOARES, OKUMURA e CAVALHEIRO, 2002).

Na aula 3, no intuito de realizar um aprofundamento desta discussão e também ampliar repertório para a construção do debate que marcará o fechamento deste trabalho, realizamos em sala de aula a leitura do texto, produzido pelo educador, Fritz Haber, notável cientista e diretor de pesquisa, assessor do exército alemão durante a Primeira Guerra Mundial (ANEXO I), que traz conceitos sobre a temática, a vida do cientista e assuntos referentes ao contexto histórico, como por exemplo, o bloqueio marítimo sofrido pela Alemanha, que obrigou o país a buscar uma solução para a produção dos fertilizantes dentro de seu próprio território. A partir desta leitura, iniciou-se a discussão dos fatores que interferem na síntese da amônia e também o quanto o trabalho de um cientista está atrelado às necessidades de natureza social, política e econômica. A busca por soluções técnicas que permitisse um aumento da produtividade da amônia favoreceu as discussões dos conceitos, das ideias vigentes no período e dos conflitos éticos entre os personagens envolvidos. Tal abordagem se mostrou importante na construção de uma imagem de ciência menos simplista e mais condizente com a realidade.

Além do texto, sugerimos o trabalho de Araújo e Baldinato (2015) que apresenta a tradução para o português da palestra proferida por Haber ao receber o prêmio Nobel pela síntese da amônia, em 1920. É interessante discutir com os estudantes alguns aspectos da fala de Haber, como por exemplo, o conhecimento que detinha de tentativas anteriores para produção de amônia, como a via que utilizava a destilação do carvão, a síntese por cianamida e a indução da reação por descargas elétricas. Os cientistas que trabalharam na busca por uma solução viável para o processo são destacados nominalmente no decorrer do discurso. Além de realizar um levantamento dos trabalhos realizados na síntese da amônia, o cientista alemão discute os problemas envolvidos na

busca por um catalisador ideal para a reação, os fatores termodinâmicos que interferem no rendimento da reação e na viabilidade econômica do processo. Este viés dialoga com os trabalhos de Gil Pérez e colaboradores (2001), ao evidenciar que os resultados obtidos por Haber derivam, em parte, do conhecimento já adquirido por outros cientistas, de que as tentativas, os erros e a busca por soluções são intrínsecas à atividade científica.

Na sequência, realizamos uma atividade experimental (Aula 4) relacionada ao Princípio de Le Chatelier, a partir de quatro experimentos que abarcam efeitos de variação da *concentração* e da *temperatura* sobre equilíbrios químicos específicos. Esta atividade, realizada em grupo pelos estudantes, foi pensada a partir do artigo publicado por Ferreira, Hartwig e Rocha-Filho (1997). Inicialmente os estudantes investigaram o *efeito do íon comum, a partir do equilíbrio de ionização da amônia*. Neste sistema, eles realizaram a adição de bicarbonato de amônio para analisar a variação de coloração do sistema, que depende da concentração do íon amônio. Em seguida, investigaram como o *efeito da concentração* interfere no equilíbrio de *hidrólise do íon bicarbonato*, por meio do borbulhamento de gás carbônico em uma solução de bicarbonato de amônio. Por fim, pesquisaram o *efeito do íon comum, a partir do equilíbrio de ionização do ácido acético*. Uma adaptação realizada em relação à proposta original foi solicitar que os estudantes registrassem por escrito uma previsão do que eles imaginavam que poderia ocorrer em cada sistema antes de adicionar a substância prevista.

Na aula seguinte (Aula 5), a atividade experimental foi retomada em sala de aula, no intuito de discutir os aspectos conceituais, responder aos questionamentos propostos e sistematizar as principais ideias que foram abordadas desde o início desta sequência didática.

Em seguida (Aula 6), já com algumas ideias e questões levantadas, assistimos ao filme Haber, o pai da guerra química (35 minutos). O filme traça o perfil de Haber, um judeu que se converteu ao cristianismo para continuar sua carreira na sociedade alemã. Traz como narrativa paralela ao enredo principal, a sua relação com a esposa Clara Immerwahr (1870-1915), doutora em química pela Universidade de Breslau. Ela coloca sua carreira de lado para se dedicar aos cuidados com o filho do casal e a carreira do marido. Trabalha com Haber sem crédito, traduzindo suas publicações para o inglês. Haber tenta levá-la a

lecionar na universidade, porém não obteve sucesso nesta tentativa. Clara se opunha ao envolvimento de Haber nos projetos de armas químicas, e tenta convencê-lo a parar. Na ausência de Haber, Clara usa seu revólver de serviço e comete suicídio. O enredo principal aborda a participação de Haber no primeiro teste de gás cloro em grande escala na Primeira Guerra Mundial, em abril de 1915 na cidade de Ypres, na Bélgica. Um dos primeiros decretos de Hitler foi excluir os “não-arianos” do serviço público, fato que atingiria Haber devido a sua origem judaica. No entanto, devido a sua participação no programa de guerra, Haber poderia continuar, porém sem os seus colaboradores. Haber não aceita esta condição, se demite e vai embora da Alemanha. Após uma breve passagem pela Inglaterra e pela Palestina, Haber morre na Suíça, em 1934.

Nesta etapa do processo os estudantes se organizaram para a realização de um debate. Este desempenha um papel fundamental, pois mobiliza a capacidade dos estudantes em defender oralmente um ponto de vista, uma escolha ou um procedimento de descoberta.

O debate (Aula 7) coloca em jogo capacidades fundamentais, tanto do ponto de vista linguístico (técnicas de retomada do discurso do outro, marcas de refutação, etc), cognitivo (capacidade crítica) e social (escuta e respeito pelo outro), como do ponto de vista individual (capacidade de se situar, de tomar posição, construção de identidade). Além disso, trata-se de um gênero relativamente bem definido, do qual os estudantes apresentam certo conhecimento sobre o qual podem se apoiar. Dentre as diferentes modalidades de debates, optamos pela realização de um debate de opinião de fundo controverso, que diz respeito às crenças e opiniões, não visando a uma decisão, mas a uma colocação em comum das diversas posições, com a finalidade de influenciar a posição do outro, assim como de precisar ou mesmo modificar a sua própria (DOLZ; SCHNEUWLY; PIETRO, 2004).

Cada etapa deste processo cumpriu a essencial função de articular aqueles saberes individuais, próprios do indivíduo, com saberes sociais, oriundos do aprendizado coletivo, num contexto cultural próprio.

As aulas 8 e 9, realizadas de forma dialogada com os estudantes, teve a intenção de resgatar os conceitos elaborados, as principais ideias apresentadas pelos estudantes nos diferentes momentos da SD e na resolução

de exercícios que envolveram cálculo da constante de equilíbrio (K_c), a interpretação de seu valor e sobre deslocamento de equilíbrios.

Ao final do processo (Aula 10), na avaliação de Química, os estudantes foram incentivados a mobilizar seus saberes próprios e articulá-los com os conhecimentos construídos no coletivo sobre esta temática, para a elaboração de uma produção textual, a qual apresento, a seguir, juntamente com alguns aspectos levantados no debate.

O DEBATE E A PRODUÇÃO ESCRITA NA AVALIAÇÃO DE QUÍMICA

Para a realização do debate os estudantes foram divididos em dois grupos, dos favoráveis a que Haber recebesse o Prêmio Nobel devido ao seu trabalho na síntese da amônia e dos contrários à premiação, por julgarem que seu papel no desenvolvimento de armas químicas mostra um desprezo pela vida, algo que não pode estar vinculado à atividade científica. O quadro 2 sistematiza os principais argumentos discutidos pelos estudantes de ambos os grupos.

Quadro 2: Principais argumentos utilizados pelos estudantes no debate.

Invenção de um método que revolucionou a produção de alimentos.
Por ter pensado em uma forma de aumentar o rendimento da produção de amônia.
Por ser o pai da maior descoberta da humanidade.
Pelo seu espírito nacionalista, usou sua descoberta e seu conhecimento para o seu país.
Pelo fato de encontrar um catalisador e as condições ideais de pressão e temperatura para produção de amônia.
Argumentos discutidos pelos estudantes contrários à premiação
A amônia é matéria prima para a produção de explosivos.
Participação no programa de guerra de gases da Alemanha na Primeira Guerra Mundial.
Por ferir acordos internacionais de não uso de armas químicas em guerra.
Por ferir a ética não respeitando a vida humana.

É válido destacar, a presença no texto dos estudantes, de ideias discutidas no decorrer do debate, o que demonstra que as discussões realizadas no coletivo contribuíram para o processo de aprendizagem do indivíduo.

Na avaliação de Química, foi solicitado aos estudantes que elaborassem um texto que abordasse os seguintes aspectos:

- I) A importância da síntese da amônia no contexto mencionado, tendo em vista o seu uso como matéria-prima na produção de explosivos e fertilizantes;
- II) O papel de Fritz Haber no desenvolvimento do processo para a síntese da amônia, otimizando a sua rentabilidade e velocidade a partir do estudo das variáveis que interferem no processo, como pressão, temperatura e catalisador;
- III) A questão ética que envolveu Haber, ganhador do prêmio Nobel em 1918 pelo seu trabalho na síntese da amônia e sua participação no programa de guerra de gases da Alemanha na Primeira Guerra Mundial.

Abaixo, apresento a produção de dois estudantes (Dora e Gabriel – nomes fictícios), com as correções linguísticas. Optamos por numerar os parágrafos para facilitar a posterior referência a recortes da fala dos estudantes.

Texto elaborado por Dora:

1. A síntese da amônia, desenvolvida pelo cientista alemão Fritz Haber no século XX, teve um papel decisivo para a Europa, tanto na questão da demanda por alimentos e eficácia na produção agrícola da região quanto militar, da demanda de armamento bélico pelos Estados Nacionais europeus por conta da Primeira Grande Guerra.

2. A amônia, no setor da agricultura, é um importante fertilizante, que permite uma produção mais eficaz das plantações, já que é uma substância facilmente assimilada pelas plantas.

3. Entretanto, antes das descobertas de Haber, sua síntese era muito lenta e as reações para sua obtenção eram ineficazes e de baixo rendimento. Haber revolucionou este setor da ciência, pois consegue desenvolver a reação da síntese da amônia, de maneira que esta seja eficaz e rentável, por meio do uso de altas temperaturas durante a reação, pressões altas e de um catalisador, diminuindo a energia necessária de ativação da reação e aumentando a velocidade de produção da amônia, que sem estes recursos e variáveis, se dava em um processo muito lento.

4. Fritz Haber acaba ganhando um prêmio Nobel em seu nome pela descoberta, mas é criticado pela comunidade científica, pois utilizou a reação descoberta de síntese da amônia para a produção de explosivos, utilizados pela Alemanha durante a guerra, além de ter usado a sua descoberta do gás cloro para a demanda militar de seu país na guerra, num programa de “guerra de gases”. Por muitos cientistas, esse feito foi considerado antiético, já que Haber estaria usando seus conhecimentos para interesses militares de destruição e não de ajuda ao ser humano.

Texto elaborado por Gabriel

5. A Europa é um local, no qual a área disponível para a agricultura é reduzida, deste modo, eram enviados do Chile, minérios para serem usados como fertilizantes para tornar o processo de produção de alimentos eficiente. No entanto, com o bloqueio naval britânico, estes minérios não eram mais levados à Europa e, foi Fritz Haber que resolveu o problema.

6. A síntese da amônia já era uma reação conhecida, mas era uma reação com baixo rendimento, deste modo Haber alterou alguns fatores na reação para que esta se tornasse mais eficiente. O químico percebeu que, por se tratar de uma reação exotérmica, a temperatura ideal seria uma nem tão alta, para não favorecer a produção de reagente, mas também não tão baixa, para não prejudicar a cinética das moléculas.

7. Além disso, percebeu que se aumentasse a pressão, a produção da amônia também seria favorecida, pois existem mais mols de reagente do que de produto, e por fim, Haber tirava a amônia pronta, para esta não se transformar em reagente e favorecer a produção da amônia. Por conta disso, Haber resolveu o problema da produção de alimentos e ganhou o prêmio Nobel, algo que foi bastante polêmico, pois a amônia também serve como explosivo, e o químico usou seu conhecimento para a produção de gases que foram usados na guerra e mataram milhares de pessoas, sendo uma das guerras com mais mortes na história.

A inserção da produção de texto na avaliação de química evidencia não apenas como o indivíduo articula seus saberes em determinada situação, mas contribui para o professor refletir sobre o processo de ensino aprendizagem. A inserção de um tema amplamente discutido no decorrer de uma sequência didática proporciona realizar um balanço das aquisições dos conceitos por parte

dos estudantes. Segundo Hadji (2001), isto traz para avaliação uma dimensão prognóstica, no sentido que conduz a um melhor ajuste do ensino e da aprendizagem.

No caso das produções apresentadas é interessante observar como os estudantes realizaram a composição do texto, por meio de organizações, reorganizações e categorizações de ideias. Ambos os estudantes mostram uma preocupação em apresentar ao leitor o contexto histórico (*parágrafos 1 e 5*), o que ajuda a introduzir o assunto que será abordado. Em seguida apresentam as contribuições realizadas por Haber na síntese da amônia (*parágrafos 3, 6 e 7*) e por fim, discutem a participação de Haber no programa de armas químicas durante a Primeira Guerra Mundial (*parágrafos 4 e 7*).

É fundamental problematizar as situações em que os estudantes são colocados a expressar suas ideias no papel, pois o processo de escrita não é a simples tradução de pensamentos em palavras, mas pressupõe modificações essenciais de estruturação, o que é considerado um dos principais desafios que os estudantes se deparam ao realizar esse tipo de tarefa (ASTOLFI; PETERFALVI; VÉRIN, 1998).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A incorporação da perspectiva histórica a partir dos feitos de Haber no ensino trouxe a discussão de como os interesses pessoais, políticos, governamentais, humanitários, bélicos e científicos permeiam a prática científica. Trata-se de algo fundamental na formação dos estudantes, por refletir acerca da atividade científica, que poucas vezes é realizada na escola pelo fato de em muitos momentos pautarmos nossa prática no ensino de conceitos científicos.

Em relação ao processo de ensino e aprendizagem é interessante registrar que a construção de uma narrativa a partir dos feitos de Fritz Haber para o ensino do equilíbrio químico contribuiu para tornar a aula mais dialogada, com os estudantes assumindo um maior protagonismo, como no momento da leitura do texto e no debate.

A mobilização de diferentes estratégias (leitura, experimento, filme, debate e produção escrita) contribuiu para alcançar os objetivos de aprendizagem elencados, uma vez que o estudante mobiliza seu intelecto para situações diversas, como sua competência leitora, a oralidade e a escrita.

Procuramos neste trabalho sinalizar um caminho que possa ser utilizado em sala de aula, porém, acreditamos que existem outras vias para percorre-lo, como a realização de um trabalho interdisciplinar entre os professores de História e Português, que podem contribuir, respectivamente, na contextualização histórica do período, na organização do debate e na produção textual.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. C.; BALDINATO, J. O. **A síntese de amônia: uma proposta de estudo histórico para a formação de professores de química vinculada ao Prêmio Nobel de Fritz Haber.** História da Ciência e Ensino: construindo interfaces, v. 11, p. 91-129, 2015.

ASTOLFI, J-P.; PETERFALVI, B.; VÉRIN, A, **Como as crianças aprendem as ciências**, Retz, 1998.

BELHOSTE, B. **Das ciências instituídas às ciências ensinadas, ou como levar em conta a atividade didática na história das ciências.** Revista Brasileira de História da Educação, v. 11, n. 3 (27), p. 47-61, set./dez., 2011.

BRASIL, Ministério da Educação (MEC). **Base Nacional Comum Curricular (BNCC).** 2015. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/documentos/BNCC-APRESENTACAO.pdf>. Acesso em 11.01.2017.

BRASIL, Ministério da Educação (MEC). **Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Graduação em Química.** Parecer CNE/CES n. 1303/2001, 6 de novembro de 2001a.

BRASIL, Ministério da Educação (MEC). **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio.** Resolução CNE/CP1, 18 de fevereiro de 2002b.

CAMPOS, C.; CACHAPUZ, A. **Imagens de Ciência em Manuais de Química Portugueses.** Química Nova na Escola, n. 6, p. 24-29, nov. 1997.

CANZIAN, R; MAXIMIANO, F. A. **Princípio de Le Chatelier: O que tem sido apresentado em livros didáticos.** Química Nova na Escola, Vol. 32, n. 2, 107-119, 2009.

CHAGAS, A. P. **A Síntese da Amônia: Alguns Aspectos Históricos.** Química Nova, Vol. 30, n. 1, 240-247, 2007.

CHASSOT, A. **Alfabetização científica: questões e desafios para a educação.** 1ª edição, Ijuí: Ed.Unijuí, 2000. p. 270.

PÉREZ, D G., et al. **Para uma imagem não deformada do trabalho científico.** Ciência & Educação, v. 7, n. 2, 125-153, 2001.

DOLZ, J.; BERNARD, S.; PIETRO, J. F; **"Relato da elaboração de uma sequência: o debate público."** Gêneros orais e escritos na escola. Tradução e organização: Roxane Rojo e Glais Sales Cordeiro. Campinas: Mercado de Letras (2004): 247-278.

FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. H; ROCHA-FILHO, R.C. **Algumas Experiências Simples envolvendo o Princípio de Le Chatelier.** Química Nova na Escola, n. 5, 28-31, maio, 1997.

GOODAY, G.; LYNCH, J. M.; WILSON, K. G.; BARSKY, C. K. **Does Science Education Need the History of Science?** Isis. Chicago, v.99, n.2, p.322-330, 2008.

HADJI, C. **Avaliação Desmistificada.** Artmed, 2001.

HODSON, D. **Philosophy of Science, Science and Science Education.** Studies in Science Education. Ledds, v. 12, p. 25027, 1985, p. 27.

JUSTI, R. S.; MILAGRES, V. S. O. **Modelos de Ensino de Equilíbrio Químico – algumas considerações sobre o que tem sido apresentado nos livros didáticos no ensino médio.** Química Nova na Escola, n. 12, p. 41-46, 2001.

MACHADO, A. H.; ARAGÃO, R. M. R. **Como os Estudantes Concebem o Estado de Equilíbrio Químico.** Química Nova na Escola, n. 4, p. 18-20, 1996.

MATHEWS, M. R. **História, Filosofia e Ensino de Ciências:** a tendência atual de reaproximação. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v.12, n.3, p. 164-214, 1995.

MAIA, D. J; GAZOTTI, W. A; CANELA, M. C.; SIQUEIRA, A. E. **Chuva Ácida:** um experimento para introduzir conceitos de equilíbrio químico e acidez no ensino médio. Química Nova na Escola, n. 21, p. 44-46, 2005.

MORTIMER, Eduardo Fleury; SANTOS, Wildson. **Políticas e práticas de livros didáticos de química.** O processo de constituição da inovação x redundância nos livros didáticos de química de 1833 a 1987. In: ROSA, Maria Inês Petrucci; ROSSI, Adriana Vitorino (Ed.). Educação Química no Brasil: memórias, políticas e tendências. Campinas: Átomo, 2008. p. 85–103.

PORTO, P. A. **História e Filosofia da Ciência no Ensino de Química:** Em busca dos objetivos educacionais da atualidade. In: Maldaner, O. A.; SANTOS, W. L. P. (Org.). Ensino de Química em Foco. 4. ed. Rio Grande do Sul: Unijuí, 2010. p. 159-180.

RAVIOLO, A; GARRITZ, A. **Analogias no Ensino de Equilíbrio Químico.** Química Nova na Escola, n. 27, p. 13-25, 2008.

SABADINI, E.; BIANCHI, J. C. A. **Ensino do Conceito de Equilíbrio Químico:** uma breve reflexão. Química Nova na Escola, n. 25, p. 10-13, 2007.

SCHNETZLER, Roseli P. **A pesquisa em ensino de química no brasil:** conquistas e perspectivas. Química Nova, v. 25, p. 14–24, 2002.

SOARES, M. H. F. B; OKUMURA, F; CAVALHEIRO, E. T. G. **Proposta de um jogo didático para ensino do conceito de equilíbrio químico.** Química Nova na Escola, n. 18, p. 13–17, 2002.

ZANON, Lenir Basso; MALDANER, Otavio Aloisio (Ed.). **Fundamentos e Propostas de Ensino de Química para a Educação Básica no Brasil.** Ijuí: Unijuí, 2007.

ANEXO II

Fritz Haber, notável cientista e diretor de pesquisa, assessor do exército alemão durante a Primeira Guerra Mundial

“O coração tem razões que a própria razão desconhece”

No início do século XX, a questão da produção de alimentos era muito importante para a Europa, onde a área disponível para a agricultura é muito reduzida. Era importante, naquela época, aumentar a eficiência na produção de alimentos com o uso de fertilizantes. O uso de nitratos (NO_3^-) para fertilizar os solos já era uma prática comum no século XIX. Com a descoberta de que a amônia (NH_3) poderia ser utilizada como matéria-prima para a produção de fertilizantes nitrogenados, alguns cientistas começaram a estudar as possibilidades de transformar o gás nitrogênio (N_2) do ar em nitratos (NO_3^-) ou NH_3 assimiláveis pelas plantas.

Figura 1. Alguns produtos obtidos a partir da amônia (Marcondes *et al.*, 2001)

Atualmente, a aplicação mais importante da amônia é na produção de fertilizantes (80%). Cerca de 10% da amônia produzida anualmente é utilizada na fabricação de plásticos e fibras sintéticas. 5% é utilizada na fabricação de explosivos, como a nitrocelulose, a nitroglicerina, nitrato de amônio (fabricar a dinamite) e o trinitrotolueno (TNT). Usa-se ainda na produção de carbonato de sódio, como aditivo em perfumes e corantes. A figura ao lado mostra as diversas aplicações da amônia.

Além da questão que envolve a produção de alimentos, a molécula de amônia (NH_3) tornou-se decisiva na Primeira Guerra Mundial. Como pode ser observado na figura, embora não seja um composto nitrado, a amônia é a matéria-prima para a fabricação do ácido nítrico, HNO_3 , de que se precisa para fazer explosivos.

Não se encontram comumente nitratos na natureza, porque eles são muito solúveis em água e tendem a se diluir, mas, nos desertos extremamente áridos do norte do Chile, enormes depósitos de nitrato de sódio (chamado salitre do Chile) foram minerados nos dois últimos séculos como fonte de nitrato para a preparação direta de ácido nítrico.

Durante a Primeira Guerra Mundial, um bloqueio naval britânico impediu o envio de salitre do Chile para a Alemanha. Sendo os nitratos substâncias químicas estratégicas, necessárias para a manufatura de explosivos, os alemães precisaram encontrar outra fonte.

Alguns processos foram desenvolvidos para produção de amônia, mas em todos eles o rendimento da produção era baixo e envolvia um grande esforço energético. Desde 1795, já se sintetizava NH_3 a partir dos gases hidrogênio (H_2) e nitrogênio (N_2). No entanto, à pressão e temperatura ambientes, a reação produzia uma quantidade muito pequena de NH_3 , e a elevação da temperatura parecia não contribuir para aumentar significativamente sua produção.

Foi Fritz Haber (1868-1934), químico alemão, quem resolveu, do ponto de vista da Química, o problema de síntese de NH_3 a partir de nitrogênio e hidrogênio. Isso lhe valeu o prêmio Nobel de Química de 1918.

A equação da reação de produção de NH_3 a partir de nitrogênio e hidrogênio pode ser escrita da seguinte forma:

O exame da equação permite perceber que todas as espécies envolvidas são gasosas, que o número de moléculas gasosas é maior nos reagentes do que nos produtos e que a reação é exotérmica, portanto libera energia sob a forma de calor para o ambiente.

Haber conseguiu resolver o problema de usar nitrogênio atmosférico (N_2) inerte trabalhando com condições de reação que produziam o máximo de amônia com o mínimo custo: pressão alta, temperatura de cerca de 400 a 500° e remoção da amônia assim que ela se formava.

Considere os dados do quadro a seguir, que relaciona porcentagens de NH_3 formada a partir de uma mistura de H_2 e N_2 na proporção de 3:1 em diferentes temperaturas e pressões.

Pressão (em atm) →	200	300	400	500
Temperatura (em °C) ↓				
400	38,7	47,8	58,9	60,6
450	27,4	35,9	42,9	48,8
500	18,9	26,0	32,2	37,8
550	12,8	18,4	23,5	28,3
600	8,80	13,0	17,0	20,8

Tabela 1. Porcentagens de amônia formada a partir de uma mistura de $H_2(g)$ e $N_2(g)$ na proporção de 3:1 (Marcondes *et al.*, 2001).

Grande parte de seu trabalho consistiu em encontrar um catalisador para aumentar a velocidade dessa reação particularmente lenta.

Seus experimentos tinham por objetivo produzir amônia para a indústria de fertilizantes. Na época, os depósitos de salitre do Chile forneciam a matéria-prima para a fabricação de dois terços dos fertilizantes produzidos no mundo; como eles estavam se esgotando, tornou-se necessário encontrar uma rota sintética para a produção de amoníaco. Em 1913 a primeira fábrica de amoníaco sintético do mundo já havia sido implantada na Alemanha, e quando o bloqueio britânico cortou o fornecimento a partir do Chile, o processo de Haber, como até hoje é conhecido, foi rapidamente expandido para outras fábricas destinadas a fornecer amônia não só para fertilizantes como para munições e explosivos. Em reação com o oxigênio, a amônia produzida forma dióxido de nitrogênio (NO_2), o precursor do ácido nítrico (HNO_3). O bloqueio britânico foi, portanto, irrelevante para a Alemanha, que já era capaz de produzir amônia para fertilizantes e ácido nítrico para a fabricação de compostos nitrados explosivos. A fixação do nitrogênio havia se tornado um fator decisivo na guerra.

O Prêmio Nobel de Química de 1918 foi concedido a Fritz Haber por seu papel no desenvolvimento do processo para a síntese do amoníaco, que acabou conduzindo a uma maior produção de fertilizantes e, conseqüentemente, à maior capacidade da agricultura de produzir alimentos para a população mundial. A divulgação do prêmio, porém, suscitou uma tempestade de protestos, em razão do papel que Fritz Haber desempenhara no programa de guerra de gases da Alemanha na Primeira Guerra Mundial. Em abril de 1915, cilindros de gás cloro haviam sido liberados numa linha de frente de quase cinco quilômetros perto de Ypres, na Bélgica. Cinco mil homens haviam morrido e outros dez mil sofreram

efeitos devastadores no pulmão em consequência da exposição ao cloro. Sob a direção de Haber, o programa de guerra de gases testou e usou várias substâncias novas, entre as quais o gás mostarda e o fosgênio. Embora em última análise a guerra de gases não tivesse sido um fator decisivo no desfecho do conflito, aos olhos de muitos dos pares de Haber a grande inovação que ele desenvolvera anteriormente — tão decisiva para a agricultura mundial — não contrabalançava o resultado aterrador da exposição de milhares de pessoas a gases venenosos. Para muitos cientistas, conceder o Prêmio Nobel a Haber nessas circunstâncias foi uma ironia grotesca. Haber, que via pouca diferença entre a guerra convencional e a de gases, ficou extremamente perturbado com essa controvérsia.

Alguns dias após o ataque de Ypres, Haber estava em Berlim e sua esposa Clara pediu-lhe que deixasse de trabalhar com gases venenosos; certamente ele não lhe deu ouvidos, e na madrugada de 2 de maio ela se suicida com a própria arma de Haber, então Capitão Honorário do Exército Alemão. Dias depois ele embarca novamente para a linha de frente (agora na frente leste) e de lá escreve para um amigo: “Durante um mês, não pensava poder resistir a esse golpe, mas, na presença da guerra, acalmei-me, por força de ver as imagens sinistras e do dever de haurir os últimos recursos que existem em mim.”

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

CHAGAS, A. P. **A Síntese da Amônia**: Alguns Aspectos Históricos. Química Nova, vol. 30, n. 1, p. 240-247, 2007.

LE COUTEUR, P.; JAY, B. **Os Botões de Napoleão**: 17 moléculas que mudaram a história. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed, 2006.

MARIA E. R. MARCONDES et al., **Interações e Transformações II**: reelaborando conceitos sobre Transformações Químicas (cinética e equilíbrio), 3ª. ed., vol. 2 (São Paulo: EDUSP, 2001), p. 15 e 26.

PEREIRA, E. D. B. **Passado, presente e futuro da produção industrial do amoníaco**: uma investigação documental. 2009. 292 f. Dissertação (Mestre em Química) - Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Portugal, 2009.