

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS

EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA

KAMILA FERREIRA PRADO

**LIVROS DIDÁTICOS E CONCEPÇÕES DE PROFESSORES: A
HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO**

BAURU - SP

2016

KAMILA FERREIRA PRADO

**LIVROS DIDÁTICOS E CONCEPÇÕES DE PROFESSORES: A
HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO**

Trabalho de Dissertação de mestrado
apresentado ao programa de pós-
graduação em Educação para a Ciência,
da Faculdade de Ciências, Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita
Filho”, como requisito parcial para a
obtenção do título de mestre.
Orientador: Prof.^a Dr.^a Silvia Regina
Quijadas Aro Zuliani

BAURU - SP

2016

Prado, Kamila Ferreira.

Livros didáticos e concepções de professores: a
História da Ciência no ensino de Equilíbrio Químico

/ Kamila Ferreira Prado, 2016

132 f.

Orientador: Silvia Regina Quijadas Aro Zuliani

Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual

Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2016

1. Ensino. 2. Equilíbrio Químico. 3. História da
Ciência. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade
de Ciências. II. Título.

KAMILA FERREIRA PRADO

**LIVROS DIDÁTICOS E CONCEPÇÕES DE PROFESSORES: A
HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO**

Trabalho de Dissertação de mestrado
apresentado ao programa de pós-
graduação em Educação para a Ciência,
da Faculdade de Ciências, Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita
Filho”, como requisito parcial para a
obtenção do título de mestre.

Orientador: Prof.^a Dr.^a Silvia Regina
Quijadas Aro Zuliani

Bauru, 04 de março de 2016.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Silvia Regina Quijadas Aro Zuliani

Prof. Dr. Fernando Bastos

Prof. Dr. Ourides Santin Filho

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE KAMILA FERREIRA PRADO, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS.

Aos 04 dias do mês de março do ano de 2016, às 14:00 horas, no(a) Anfiteatro do Prédio da Pós-graduação da Faculdade de Ciências, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Profa. Dra. SILVIA REGINA QUIJADAS ARO ZULIANI - Orientador(a) do(a) Departamento de Educação / Faculdade de Ciências de Bauru, Prof. Dr. FERNANDO BASTOS do(a) Departamento de Educação / Faculdade de Ciências - UNESP/Bauru, Prof. Dr. OURIDES SANTIN FILHO do(a) Departamento de Química / UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de KAMILA FERREIRA PRADO, intitulada **LIVROS DIDÁTICOS E CONCEPÇÕES DE PROFESSORES: A história da ciência no ensino de Equilíbrio Químico**. Após a exposição, a discente foi arguida oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Silvia Regina Quijadas Aro Zuliani

Profa. Dra. SILVIA REGINA QUIJADAS ARO ZULIANI

Fernando Bastos

Prof. Dr. FERNANDO BASTOS

Ourides Santin Filho

Prof. Dr. OURIDES SANTIN FILHO

Dedico este trabalho à minha Mãe Claudina Maria, pelo amor incondicional e princípios formadores da minha sólida base.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por permitir a minha evolução através da educação.

À minha mãe, pai e irmão, que desde cedo me fizeram compreender o valor do ensino, e como minha vida seria mais completa neste caminho, lutando e acreditando sempre na minha capacidade para seguir no caminho constante do ensino.

Ao meu namorado, pela paciência nestes anos de estudo.

A todos os professores que contribuíram para a minha formação acadêmica e pessoal.

E à minha orientadora, por me integrar ao seu grupo, pelos ensinamentos, artigos e livros de existência inimagináveis, e pelos momentos agradáveis compartilhados.

Vocês só estão aqui pelo convencimento da necessidade de mudar. Quero manifestar a minha alegria de ver aqui reunidos significativo número de professoras e professores, que por estarem incomodados com a educação que se faz, buscam neste encontro subsídios para propor modificações naquilo que se está fazendo. Prefiro falar para aquelas e aqueles que como vocês, estão incomodados. [...] Nós queremos mudar. (CHASSOT, 1995, p.16)

PRADO, K. F. **Livros didáticos e concepções de professores: a História da Ciência no ensino de Equilíbrio Químico**. 2016. 132f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2016.

RESUMO

A Química é considerada uma Ciência difícil de ser estudada e compreendida pelos alunos e suas concepções prévias atuam como verdadeiros obstáculos à aprendizagem. Neste contexto, o tema Equilíbrio Químico é considerado como um dos tópicos mais complexos e exigentes no Ensino Médio ou em cursos introdutórios de Química no Ensino Superior. Este trabalho tem como objetivo a análise da estruturação do conceito de Equilíbrio Químico do ponto de vista da História da Ciência em livros didáticos utilizados por professores no Ensino Médio e análise das concepções e conhecimentos que os professores possuem sobre a utilização da História da Ciência no ensino deste tema. Um questionário foi aplicado a 10 professores da Rede Pública Estadual de ensino buscando verificar qual a formação dos professores para o uso da História da Ciência no ensino do conceito de Equilíbrio Químico. Foram também analisados os capítulos correspondentes ao tema nos livros didáticos indicados pelo PNLEM e nos cadernos da Secretaria Estadual de Educação de São Paulo, adotados no Ensino Médio para o planejamento e complemento das aulas. Os resultados mostram que os professores não foram formados adequadamente na licenciatura para o uso de História da Ciência, assim eles não se sentem preparados para utilizar tal abordagem, além destes fatores, os livros didáticos analisados incorporam uma visão simplista dos conceitos relacionados ao tema, apresentando em seus textos abordagens superficiais de historiografia.

Palavras chave: Ensino, Equilíbrio Químico, História da Ciência.

PRADO, K. F. **Textbooks and conceptions of teachers: the History of Science in Chemical Equilibrium education.** 2016. 132f. Dissertation (Master's degree in Science Education), Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2016.

ABSTRACT

The chemistry is considered a difficult Science to be studied and understood by students and their prior conceptions act as real obstacles to learning. In this context, the Chemical Equilibrium theme is regarded as one of the most complex and demanding topics in high school or introductory Chemistry courses in Higher Education. This study aims to analyze the structure of the concept of Chemical Equilibrium in terms of the History of Science in textbooks used by high school teachers and analysis of conceptions and knowledge that teachers have about the use of the History of Science in teaching this theme. A questionnaire was applied to 10 public school teachers teaching State seeking to check what the training of teachers to the use of the history of science in the teaching of the concept of chemical equilibrium. Were also analyzed the chapters corresponding to the subject in the textbooks listed at PNLEM and on the rolls of the State Secretariat of Education of São Paulo, adopted in high school for planning and add-on. The results show that the teachers have not been trained properly in degree to the use of the History of Science, so they do not feel prepared to use such an approach, in addition to these factors, the textbooks analyzed incorporate a simplistic vision of the concepts related to the topic, showing in his writings superficial approaches of historiography.

Keywords: Education, Chemical Equilibrium, History of Science.

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1. Concepções dos alunos, levantadas por Quílez, 2004.	29
Quadro 2. Concepções alternativas e dificuldades em relação ao Princípio de Le Chatelier.	31
Quadro 3. Dificuldades dos estudantes no uso dos conceitos relacionados a Equilíbrio Químico.	31
Quadro 4. Questionário da pesquisa.	77
Quadro 5. Característica dos professores.	78
Quadro 6. Tipo e organização da informação histórica – Personagens.	85
Quadro 7. Tipo e organização da informação histórica – Evolução da Ciência.	86
Quadro 8. Materiais utilizados para apresentar a informação histórica.	87
Quadro 9. Contexto da informação histórica.	88
Quadro 10. Estatuto da informação histórica.	88
Quadro 11. Análises do questionário respondido pelos professores da rede pública.	97
Quadro 12. Questão 1 do Questionário da pesquisa.	124
Quadro 13. Questão 2 do Questionário da pesquisa.	125
Quadro 14. Questão 3 do Questionário da pesquisa.	126
Quadro 15. Questão 4 do Questionário da pesquisa.	127
Quadro 16. Questão 5 do Questionário da pesquisa.	128
Quadro 17. Questão 6 do Questionário da pesquisa.	129
Quadro 18. Questão 7 do Questionário da pesquisa.	130

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	12
1. QUESTÃO DE PESQUISA.....	16
2. REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1. ASPECTOS DA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES	18
2.2. O ENSINO E APRENDIZAGEM DO CONCEITO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO	25
2.3. HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO	37
2.3.1. HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NOS LIVROS DIDÁTICOS: O CONCEITO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO	46
2.4. CONCEITO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO: EVOLUÇÃO HISTÓRICA	51
2.4.1. AFINIDADE	53
2.4.2. DINÂMICA: ENRIQUECIMENTO DO CONCEITO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO	59
2.4.3. PRINCÍPIO DE LE CHATELIER E O PROCESSO HABER-BOSCH	64
3. METODOLOGIA	75
3.1. CONSTITUIÇÃO DE DADOS	77
3.2. SUJEITOS DA PESQUISA	78
3.3. METODOLOGIA DE ANÁLISE DOS DADOS	79
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	82
4.1. A HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NO CADERNO DO ALUNO, DO PROFESSOR E NOS LIVROS DO PNLEM DO ESTADO DE SÃO PAULO.	82
4.2. ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS	97
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	114
REFERÊNCIAS	117
APÊNDICES.....	124
APÊNDICE A. TRANSCRIÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS DOS PROFESSORES	124
APÊNDICE B. TERMO DE LIVRE E ESCLARECIDO CONSENTIMENTO.....	131

INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O Mundo das Ciências entrou na minha vida muito cedo, ainda criança, através da minha família, com o uso de microscópio em casa, conversas sobre o espaço, observação de animais, comportamento e composição de objetos, de modo que fiquei cada vez mais instigada a compreender suas complexidades. Fiquei então cativada pela maneira que este novo mundo de possibilidades era apresentado. Estudar Ciências, a partir destes dias, foi a minha escolha. Com exemplos de excelentes professores no Ensino Fundamental e Médio, a ideia de cursar Licenciatura em Química tomou destaque em meu interesse. Química era a disciplina mais aguardada durante a semana, e a conexão que os professores realizavam do conteúdo com a história da mesma era fascinante.

Por meio da realização de projetos de extensão e iniciação à docência, como o durante o período da graduação em Licenciatura em Química, descobri a complexidade da carreira docente, bem como suas responsabilidades, desafios, possibilidades e a sensação de dever cumprido quando os alunos compreendiam o conteúdo. Possibilidades com as quais tive contato na graduação, através da atuação em um projeto de extensão com o tema: o ensino de Física para alunos do Ensino Fundamental através do projeto “Física sem Fronteiras”. Projeto que visava contribuir com a Educação Integral da criança e do jovem através da inclusão de atividades de conhecimento físico e que permitiam à criança ter contato com a Ciência em um contexto interdisciplinar, de forma lúdica, com temas abordados através de pequenos experimentos e/ou jogos que privilegiavam a dinâmica de grupo, a formulação de hipóteses evidenciando conceitos e fenômenos físicos, permitindo o estabelecimento das primeiras concepções de forma correta do ponto de vista científico.

Outro contato importante foi a minha participação como bolsista no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência da CAPES (PIBID). Este tem como objetivo principal o aperfeiçoamento e valorização da formação docente de licenciandos de diversas áreas, introduzindo-os no sistema de ensino da rede pública, com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, através de auxílio e concessão de bolsas para licenciandos dos programas desenvolvidos por Instituições de Educação Superior em parceria com escolas da rede pública estadual de ensino.

As disciplinas de Didática, Metodologia e Prática de Ensino, que cursei nos anos finais de graduação, trouxeram para a discussão importantes aspectos do ensino de Ciências, com aprendizados sobre suas complexidades, a dedicação por trás de uma aula, a necessidade de preparação séria e adequada de cada aula. Assim, a partir daí, pesquisar na área de educação fez o maior sentido para mim.

Atualmente participo do Grupo de Pesquisa “Ensino de Química, Investigação Orientada, Linguagens e Formação Docente”. Durante o ano letivo de dois mil e treze, a Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, por meio do grupo de pesquisa numa parceria realizada junto à Diretoria de Ensino da cidade de Bauru e a Escola de Formação e Aperfeiçoamento de Professores, um programa do Governo do Estado de São Paulo/Secretaria da Educação, realizou um curso de aperfeiçoamento para professores da rede estadual da região próxima à Bauru, intitulado “A proposta de Ensino por Investigação na área de Ciências da Natureza: Problematizando Possibilidades Curriculares em Biologia, Física e Química”, com o subtítulo do subprojeto de Química: Discutindo Equilíbrio Químico, dificuldades de ensino-aprendizagem no ensino de Química utilizando materiais alternativos. Este conceito foi selecionado por ser um tema de difícil compreensão de professores e alunos, no Ensino Médio e no Ensino Superior. As atividades realizadas no curso foram elaboradas de maneira a possibilitar ao professor planejar suas aulas utilizando os referenciais já citados.

Através da elaboração do meu trabalho de conclusão de curso, possível devido a existência do curso de aperfeiçoamento citado acima, intitulado “Análise das Representações de Conteúdo Inseridas no Plano de Ensino dos Professores em um Curso de Formação Continuada”, percebi que os professores e alunos têm grandes dificuldades ao tratar o Equilíbrio Químico e nos conceitos a ele relacionados. Apesar de alguns professores ministrarem aula utilizando recursos tecnológicos e visuais, os alunos decoram os conceitos sem compreender realmente as explicações dos fenômenos. Também se verificou que os professores e alunos possuem as mesmas concepções sobre os conteúdos de Equilíbrio Químico, o que impossibilita uma abordagem alternativa e diversificada, que seria exigida para explicações de conteúdos nos quais os alunos apresentam dificuldades.

Os professores relatam que os critérios que utilizam para realizar suas escolhas ao ensinar o conteúdo é a importância do mesmo em provas avaliatórias, como

vestibulares e ENEM, e como resultado encontram-se os problemas de conceber e idealizar os conceitos de maneira a aproximar os alunos da sua realidade cotidiana.

A Química é considerada uma Ciência difícil de ser estudada e compreendida pelos alunos, que costumam apresentar concepções prévias que muitas vezes atuam como verdadeiros obstáculos ao aprendizado conceitual desejado. Neste contexto, o tema Equilíbrio Químico é considerado como um dos tópicos mais complexos e exigentes para o aprendizado do aluno do ensino médio ou de cursos introdutórios de química no ensino superior (CAVALCANTI, 2011).

Deste modo, entendendo as principais dificuldades conceituais que o tema apresenta, busco aqui compreender como os professores veem a introdução da História da Ciência no ensino de Equilíbrio Químico e como se dá a abordagem histórica nos livros didáticos utilizados pelos professores do Ensino Médio, para então produzir um diagnóstico desta realidade. Em nossa concepção, propor alternativas de ensino para o tema Equilíbrio Químico, conciliando a História da estruturação deste conhecimento, podendo facilitar o processo de aprendizagem dos alunos.

O delineamento desta pesquisa foi realizado com base em algumas questões previamente identificadas como caminhos a serem percorridos para realizar um diagnóstico da concepção de História da Ciência e sua qualidade nos livros didáticos utilizados na Educação Básica, e sobre a formação dos professores para a utilização da História da Ciência no ensino do conceito de Equilíbrio Químico. Assim, o capítulo 1 elenca as questões de pesquisa deste trabalho a fim de direcionar os capítulos posteriores.

O capítulo 2 traz o referencial teórico pesquisado e adotado para o levantamento sobre alguns aspectos que englobam a formação inicial de professores, que surgem a partir daí três novas questões: Como ocorre a aprendizagem do conceito de Equilíbrio Químico? Quais as dificuldades no ensino deste conceito? Existem possibilidades de melhoria do processo de ensino e de aprendizagem deste conceito? São as questões que permeiam os tópicos seguintes.

Em seguida foram realizadas discussões sobre o uso da História da Ciência no ensino e em livros didáticos, com base em autores que realizaram trabalhos de pesquisa nesta área. Apresentamos assim as questões: Como se deu a construção científica do conceito de Equilíbrio Químico? Neste tópico buscou-se realizar uma reconstrução da evolução histórica do tema Equilíbrio Químico, que é tratado a partir do conceito de Afinidade e seu enriquecimento por meio da Dinâmica, bem como a estruturação do

princípio de Le Chatelier e o processo Haber-Bosch, conceitos tratados em todos os livros didáticos.

O capítulo 3 descreve a metodologia utilizada para a coleta de dados, os sujeitos da pesquisa, as propostas de análise de dados, análise dos questionários e análise dos livros, bem como a maneira como estas foram realizadas.

O capítulo 4 apresenta a análise dos livros e dos questionários, englobando discussões das análises realizadas. Buscou-se identificar a abordagem histórica contida nos livros didáticos no Ensino Médio, no Caderno do Aluno e do Professor, capítulos e volumes que englobam o tema conceito de Equilíbrio Químico, utilizados na Rede Pública Estadual. São realizadas reflexões sobre as análises produzidas por meio dos questionários respondidos pelos professores, tratando de sua formação na graduação em relação à História e Filosofia da Ciência, seus conhecimentos neste contexto e a relação com as aulas sobre Equilíbrio Químico.

No capítulo 5 retomam-se algumas considerações sobre pontos das análises realizadas e sobre o conhecimento que os professores possuem, a maneira como o livro didático apresenta a História envolvida no conceito de Equilíbrio Químico, pontos de importância para analisar as concepções e conhecimentos dos professores sobre a utilização da História da Ciência no ensino e as características do conhecimento histórico dos conceitos relacionados ao Equilíbrio Químico presentes nos livros didáticos de Química utilizados no Ensino Médio.

1. QUESTÃO DE PESQUISA

A partir de trabalhos anteriores, como o meu trabalho de conclusão de curso e referenciais teóricos que serão discutidos nesta pesquisa, pude observar que o conceito de Equilíbrio Químico é ensinado em aulas transmissivas, com um ensino tradicional, utilizando poucos materiais alternativos, não permitindo que o aluno se torne sujeito do processo de aprendizagem.

Percebe-se, por meio de pesquisas de autores como Matthews (1995), a importância do uso da História da Ciência no processo de aprendizagem. Percebe-se que os livros didáticos são praticamente a única fonte de pesquisa utilizada pelos professores para preparar e conduzir suas aulas. Torna-se, por este motivo, importante compreender como se dá a abordagem histórica nos livros didáticos utilizados pelos professores no Ensino Médio, como estes conceitos se estruturam do ponto de vista histórico, para compreender o material que os professores possuem para realizar a inserção histórica do tema no conceito de Equilíbrio Químico.

É necessário para buscar alternativas à construção de sequências didáticas capazes de produzir aprendizagens mais significativas, levar em consideração as concepções dos professores sobre o uso da História da evolução do conceito. Além disso, identificar as carências formativas que estes professores possuem e seu interesse pessoal pela utilização da História da Ciência no ensino.

Nesta perspectiva, apresenta-se a seguinte questão de pesquisa:

- Quais as concepções e conhecimentos dos professores sobre a utilização da História da Ciência no ensino e quais são as características do conhecimento histórico dos conceitos relacionados ao Equilíbrio Químico presentes nos livros didáticos de Química utilizados no Ensino Médio?

É de se destacar, também, a importância do tema Equilíbrio Químico para o estudo de outros aspectos da Química como o comportamento ácido-base, reações de oxirredução e de precipitação; sendo assim, faz-se necessário conhecer as dificuldades de aprendizagem e os erros conceituais relacionados bem como suas possíveis origens (QUÍLEZ-PARDO et al., 1993).

O tema equilíbrio químico pode ser visto como uma síntese de conceitos e princípios químicos mais gerais (Camacho e Good, 1989) e por isso, demanda o domínio de um grande número de conceitos subordinados (Quilez-Pardo e Solaz-Portoles, 1995) como reação química, reversibilidade das reações, velocidade de reações entre outros. Trata-se também de um dos tópicos mais relevantes para o entendimento de outros tópicos da química como o comportamento ácido-base, reações de óxido-redução e solubilidade, sendo que a falta de conhecimento e de domínio de seus princípios, ou a falta de habilidade em transferir estes princípios a outros domínios, é fonte de dificuldades que os alunos encontram no estudo desses tópicos acima citados (Quilez-Pardo e Sanjosé-Lopes, 1995). O entendimento da natureza dinâmica do equilíbrio requer, por exemplo, uma clara compreensão de como as reações químicas se passam ao nível molecular (Maskill e Cachapuz, 1989), como ocorre uma reação química e o que é o estado de equilíbrio as relações com a cinética de uma reação química e estequiometria da mesma (CAVALCANTI, 2011, p. 18).

A reconstrução histórica do conceito será realizada através de textos que tratam o tema do ponto de vista histórico. O levantamento da abordagem histórica nos livros didáticos tem o intuito de analisar como a História da Ciência é tratada nos capítulos sobre Equilíbrio Químico nos livros utilizados no Ensino Médio. Buscar-se-á também verificar como os professores se relacionam com a utilização da História da Ciência no Ensino e quais são as dificuldades enfrentadas pelos professores no processo de ensino deste conceito. Nesta perspectiva, a formação de professores toma destaque nesta proposta. Espera-se, como resultado desta pesquisa, indicar as dificuldades enfrentadas pelos professores que passam além de sua necessidade formativa, pela qualidade do material didático disponível na forma de livros e “cadernos” oficiais a serem utilizados.

Assim os referenciais teóricos necessários a esta pesquisa estarão apresentados no próximo capítulo na seguinte sequência:

- Aspectos da formação inicial de professores;
- O ensino e aprendizagem do conceito de Equilíbrio Químico;
- História da Ciência no ensino e nos livros didáticos: o conceito de Equilíbrio Químico;
- Conceito de Equilíbrio Químico: evolução histórica.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. ASPECTOS DA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES

No Brasil, as pesquisas atuais (últimos vinte e cinco anos) sobre a formação de professores, englobam múltiplos momentos da carreira docente. Elas se dividem destacando perspectivas diversas, como processos de aprendizagem, profissionalização docente e a formação inicial.

É imprescindível compreender como a formação docente influencia na prática dos professores e de que maneira enrijece suas abordagens metodológicas para que possam ser estudadas possibilidades de mudanças para aprimorar as aulas de todos os temas da disciplina de Química e, em especial no caso desta pesquisa, as aulas que tratam do tema Equilíbrio Químico no contexto da inserção de História da Ciência.

Marli André (2011) ressalta sobre a formação docente que,

[...] para alguns pesquisadores o foco da formação docente deve estar nos processos de aprendizagem da docência (Mizukami et al., 2002). Já Imbernón (2002) concebe a formação docente como um processo contínuo de desenvolvimento profissional, que tem início na experiência escolar e prossegue ao longo da vida, incluindo questões relativas a salário, carreira, clima de trabalho, estruturas, níveis de participação e de decisão (ANDRÉ, 2011, p. 25-26).

Ainda segundo a autora, nos últimos anos houve um aumento do interesse na pesquisa e em produções científicas sobre formação docente. Os interesses principais passaram pela formação inicial, seguida pela profissionalização docente e o foco no professor, bem como seus saberes e práticas. Em muitas pesquisas sobre formação de professores analisadas não ocorre uma delimitação sobre a base da pesquisa, a metodologia de análise dos dados e na questão geradora da pesquisa, e não há uma quantidade significativa de trabalhos focados no estudo da aprendizagem dos alunos (ANDRÉ, 2011). Estes pontos demonstram o quanto a pesquisa sobre a docência ainda deve se desenvolver.

Quando uma pessoa se interessa em seguir a carreira docente, o desestímulo começa no Ensino Médio, seja na escola particular ou na rede pública. Os próprios professores não apresentam uma boa visão sobre sua carreira, comentam aos alunos

sobre as dificuldades, como os problemas salariais, a longa jornada de trabalho, a falta de incentivo dos governantes e a visão da sociedade.

Para Saviani (2011), as diversas mudanças que ocorrem no processo de formação docente no Brasil ainda não apresentam um padrão consistente de preparo dos professores para os problemas escolares, sendo as diretrizes curriculares restritas e extensivas.

A formação inicial tem promovido uma continuidade no desinteresse dos alunos na licenciatura. Logo no primeiro dia de aula, o curso de licenciatura é apresentado como um bacharelado. Os professores incentivam os alunos à iniciação científica na área conhecida popularmente como “dura” ou ligada à indústria, no caso da licenciatura plena em Química. A licenciatura não é um curso de graduação que está em expansão, seja ela pelo direcionamento de recursos, seja pela sua valorização, além de ser visível o crescimento da criação de cursos técnicos e cursos profissionalizantes, as graduações rápidas, curtas, com duração de no máximo três anos, dados que foram observados por mim durante a minha graduação.

As aulas de graduação na licenciatura são o primeiro contato que os alunos têm com a carreira docente dentro da universidade. Em sua maioria, os professores ministram aulas transmissivas, sem possibilidade de questionamentos durante as aulas, sem a participação dos alunos, e que infelizmente refletem na formação dos alunos, futuros professores.

As disciplinas da licenciatura plena em Química, Física, Biologia e Matemática são divididas na maioria das vezes em dois grandes blocos: nos primeiros anos dois ou três anos, em disciplinas teóricas e práticas específicas e posteriormente, os dois anos finais, nas disciplinas pedagógicas. Os alunos são apresentados às disciplinas efetivas de licenciatura nos anos finais, quando já estão desmotivados pelos colegas e professores. Há uma desarticulação entre essas disciplinas e entre a teoria e a prática, fragmentando assim os cursos de formação e professores (GATTI, 2010b).

As disciplinas de estágio, quando são realmente realizadas pelos alunos, e fazem a articulação entre a escola pública e a universidade, representam na maioria das vezes, a única oportunidade para a experiência na docência. Entretanto, trata-se de uma experiência rápida, que não oportuniza a compreensão das diferenças entre a realidade efetiva, pois algumas dificuldades são vivenciadas mas não aprofundadas. Os problemas que surgem durante as aulas não geram uma repercussão na maneira de lecionar para a mesma, pois a maioria das vezes os alunos ministram diversas aulas, para turmas

diferentes, não há uma continuidade nem vivência dos desafios do dia-a-dia, informações observados por mim durante a minha graduação. Sobre a fragilidade dos estágios, Gatti aponta que:

Os estágios, que são obrigatórios para a formação dos licenciandos, mostram-se frágeis e pouco orientados merecendo um olhar especial, uma vez que constam nas propostas curriculares de modo vago, sem planejamento, sem vinculação clara com os sistemas escolares, e sem explicitar as formas de sua supervisão (GATTI, 2010a, p. 506).

O papel destas disciplinas é propiciar a vivência da realidade da carreira, as possibilidades e as dificuldades, como em outras profissões, as metodologias existentes, a continuidade dos estudos em cursos de formação continuada, ou até mesmo na carreira acadêmica (mestrados, doutorados, cursos de pós-graduação). Por meio das disciplinas de estágio supervisionado deveriam se tornar possível a aproximação das discussões envolvidas no processo de pesquisa, a carreira acadêmica e outras vertentes da profissão.

Outra possibilidade de aproximação da carreira profissional ocorre por meio dos projetos de iniciação à docência, quando os alunos têm maior contato com a escola, contribuindo na integração entre teoria e prática, assim como na ligação entre universidade e escola básica. Entretanto esse acesso é limitado a um número definido e pequeno de integrantes e restrito também ao interesse pessoal dos alunos, restringido assim as oportunidades de contato que os alunos possam ter com a docência durante sua formação inicial. Neste contexto, espera-se que os professores ingressantes cheguem à escola com carências formativas, e em sua maioria não preparados para enfrentar as adversidades e subjetividades da profissão.

Nóvoa (1992) afirma que a formação dos professores relaciona-se com seu desenvolvimento pessoal, profissional e organizacional. É comum que muitos professores apresentem uma didática muito semelhante à de seus professores do Ensino Básico e Superior. De acordo com Silva e Bastos (2012), a formação inicial possui algumas limitações cujos impactos têm imposto a necessidade da criação de oportunidades de formação continuada. Esta constatação tem por base o fato de que,

[...] o desenvolvimento profissional docente é um processo em longo prazo, que integra diferentes tipos de oportunidades e de experiências, planejadas sistematicamente, de forma a promover o crescimento e desenvolvimento profissional dos professores (GARCÍA, 2009, p. 17).

A pesquisa na área de formação de professores possibilita, por meio da produção científica, uma visão mais ampla da atividade docente, que pode contribuir para a melhoria na docência. Assim, para Nóvoa (2013), é necessário que o professor seja alçado à condição de produtor de conhecimento e que a formação se dê no âmbito do trabalho escolar. Para o autor:

Os professores devem combater a dispersão e valorizar o seu próprio conhecimento profissional docente, construído a partir de uma reflexão sobre a prática e de uma teorização da experiência. É no coração da profissão, no ensino e no trabalho escolar que devemos centrar o nosso esforço de renovação da formação de professores (NÓVOA, 2013, p. 204).

Assim, é na parceria que se devem construir processos formativos que insiram o professor em formação inicial no âmago da profissão, a escola, e que o professor da escola seja também formado continuamente através do contato com os licenciandos e docentes universitários. Silva e Bastos (2012) afirmam que os saberes são construídos em uma triangulação inseparável entre *aluno/conhecimento/professor*, e que as situações de ensino devem ser problematizadas, portanto, sob esta perspectiva, a formação de professores deveria ser também reconsiderada.

Marli André (2011) aponta que as pesquisas sempre apresentam intenções de estudar maneiras, métodos de melhorar o caminho e alcançar a aprendizagem significativa dos alunos. A aprendizagem dos alunos é o fator, o objetivo, que pode modificar significativamente a carreira docente, o fortalecimento da pesquisa sobre formação de professores e a sociedade. Portanto, a formação docente é um processo constante na vida do professor, e as pesquisas mostram que há muito ainda que melhorar neste âmbito.

Uma formação precária gera uma qualidade de ensino não adequada à realidade em que se insere o professor. A prioridade deve ser concentrar esforços para uma melhor formação de professores, sempre com foco na aprendizagem dos alunos. Por outro lado a solução não é apenas pedagógica e passa pela inserção política e social dos próprios professores e uma participação mais efetiva nas discussões a respeito da própria formação. Segundo Nóvoa (2013):

É preciso ter consciência de que os problemas da educação e dos professores não serão resolvidos apenas no interior das escolas. É necessário um trabalho político, uma maior presença dos professores

no debate público, uma consciência clara da importância da educação para as sociedades do século XXI (NÓVOA, 2013, p. 209).

O autor aponta que a concepção de que a educação é dependente de compromisso perante o outro e, portanto, “educação implica altruísmo e generosidade” (NÓVOA, 2013, p. 210).

As pesquisas na formação docente indicam que ainda há dilemas muito discutidos e não superados, como a relação entre os professores e as condições de exercício do trabalho docente. Segundo Marques (2010), outro agravante dos cursos superiores é que muitos estudantes da licenciatura não valorizam as disciplinas pedagógicas, ministradas em sua maioria nos anos finais da graduação, por já estarem vinculados a outras áreas, diferentes da educacional. Para o autor:

A oportunidade que teriam de unir os conceitos químicos obtidos das disciplinas específicas com as disciplinas pedagógicas e de refletirem sua formação docente acabam sendo deixadas de lado e, como consequência, um curso de licenciatura torna-se um curso de bacharel, cujas disciplinas priorizam suas próprias questões acadêmicas, sem se reportar às demais, e sem a preocupação com a realidade em que o futuro professor irá atuar, o que acarreta a falta de articulação entre as disciplinas e o objeto de trabalho (MARQUES, 2010, p. 19-20).

Além de uma imagem distorcida da construção do conhecimento científico estar sendo ensinada no Ensino Médio, esta imagem continua presente no Ensino Superior, nos cursos de Licenciatura em Química, como aponta Zanon (2004 *apud*. MARQUES, 2010) ao discorrer sobre o modelo de formação de professores, apresentando-a como uma formação de técnicos resolvedores de problemas por meio de técnicas e procedimentos e métodos sem compreender realmente os conhecimentos científicos envolvidos.

Para Schnetzler (2000), os cursos de Licenciatura em Química formam técnicos e não professores, pois a separação proposta pelos currículos da formação profissional proporcionam um conhecimento inicial somente teórico e ao final do curso o conhecimento da prática profissional com estágios finais, concebendo um modelo técnico, instrumental, focado na solução de problemas. Segundo a autora,

[...] há aqui um sério condicionante que confere pouca efetividade a este tipo de formação: os problemas nela abordados são geralmente abstraídos das circunstâncias reais, constituindo-se em problemas ideias e que não se aplicam às situações práticas, instaurando-se aí

indesejável distanciamento entre teoria e prática (SCHNETZLER, 2000, p. 21).

Cunha e Krasilchik (2000) afirmam que esse tipo de formação técnica acarreta em graves consequências para o ensino. Um professor com uma formação pedagógica precária ensina conteúdos científicos sem ter uma base metodológica e epistemológica bem construída para atuar em sala de aula.

Para Marques (2010), não há dúvidas da necessidade de uma formação reflexiva para o docente. É importante que a reflexão sobre a prática focalize o contexto social, político, econômico e cultural, e que seja possível a contextualização do conteúdo a ser ensinado e a busca de novos recursos de ensino.

Para Gauthier (1998) o saber docente é a união de vários saberes, formando uma espécie de reservatório onde o professor se abastece para responder às especificidades de sua atuação no ensino. Os desafios da profissão docente são diversos, e os professores das Ciências são “cobrados” a acompanhar o desenvolvimento científico e tecnológico, além das pesquisas em educação. Na opinião de Freitas e Villani (2002),

A formação dos professores de ciências, geralmente, tem sido pensada como uma tentativa de produzir um profissional que incorpore, o mais possível, traços ideais selecionados a partir de uma reflexão teórica sobre o tema. Tem-se como perspectiva a construção de novas estratégias para a formação de recursos humanos para a educação de forma a incorporar as mudanças dos sistemas produtivos que exigem um novo perfil profissional capaz de localizar os desafios mais urgentes de uma sociedade “multimídia e globalizada”, em que o rápido desenvolvimento, científico e tecnológico, impõe uma dinâmica de permanente reconstrução de conhecimento, saberes, valores e atitudes (FREITAS e VILLANI, 2002, p. 1).

A compreensão das complexidades da formação inicial de professores pode contribuir para uma melhor adaptação de alternativas e possibilidades na elaboração de propostas formativas com as abordagens históricas para que professores e alunos compreendam de maneira mais abrangente a evolução dos conceitos científicos e também os conceitos relacionados ao tema Equilíbrio Químico.

Entretanto, recursos pedagógicos e ações por si só não garantem melhoria no ensino. Apesar da globalização da informação, carecemos conhecer as bases epistemológicas que sustentam e justificam as explicações para o conhecimento científico. Assim, para melhorar a aprendizagem, do conceito de Equilíbrio Químico,

poderiam ser planejadas sequências didáticas que incorporem o uso História e Filosofia da Ciência. Esta possibilidade poderia oferecer subsídios interessantes facilitando a compreensão dos fenômenos observados.

O ensino dos conceitos relacionados ao tema Equilíbrio Químico vem sendo estudado por diversos autores. Diversas são as dificuldades e entraves encontrados na literatura que se organizam desde os pré-requisitos para a aprendizagem até as concepções espontâneas apresentadas pelos alunos. A seguir são apresentadas as características do ensino e aprendizagem destes conceitos.

2.2. O ENSINO E APRENDIZAGEM DO CONCEITO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO

A pesquisa tem indicado que o Ensino de Química deveria estar voltado também para os valores relativos à construção da Ciência e de aspectos de sua história, relacionando-os com os temas sociais relevantes, desviando em parte o foco do ensino apenas dos conteúdos (SCHNETZLER, 2002). A Química utiliza modelos e representações através de equações, estruturas e gráficos, caracterizando-se pela apropriação de uma linguagem específica para a descrição dos fenômenos materiais. Estas linguagens são adaptadas para a sala de aula pelo professor, que deve compartilhar com seus alunos os modelos utilizados para o ensino.

Bermudez e De Longhi (2011), citando Gomez Crespo (1996), indicam que, por ser uma disciplina que utiliza uma linguagem simbólica sofisticada e com grande quantidade de modelos explicativos, torna-se de difícil compreensão para os alunos. Isto cria obstáculos à aprendizagem, difíceis de superar se o professor não estiver atento. Nas palavras dos autores,

[...] la química es una disciplina que necesita un lenguaje altamente simbólico y de modelos analógicos para la comprensión de sus principios debido a las dificultades que experimentan los alumnos en su aprendizaje. Estos obstáculos pueden explicarse por la ruptura que significa el pensamiento cotidiano con el pensamiento químico. Por ejemplo, en situaciones en las que los sistemas aparentemente no evolucionan en el tiempo, pero en los que tienen lugar cambios que compiten en sentidos opuestos, se opone a la causalidad simple y unidireccional con que solemos interpretar nuestra vida cotidiana (BERMUDEZ e DE LONGHI, 2011, p. 267).

Nos documentos oficiais, como os Parâmetros Curriculares Nacionais, cita-se entre os objetivos a compreensão de fundamentos científicos-tecnológicos e na Química um dos objetivos fundamentais é a compreensão das transformações químicas e sua dinâmica. O conceito de Equilíbrio Químico está alocado no ensino da disciplina Química no Ensino Médio em diferentes períodos da escolarização: processos reversíveis e irreversíveis (1º Ano), entalpia (2º Ano), perturbação do equilíbrio (Princípio de Le Chatelier) (3º Ano), equilíbrio em meio aquoso e na natureza (3º Ano), constante de Equilíbrio Químico (3º Ano) e fatores que exercem influência em sistemas em Equilíbrio Químico (3º Ano). O último conceito exemplificado é um dos que apresentam maiores dificuldades de compreensão pelos alunos, e caracteriza-se como

um dos focos deste trabalho. O conceito de Equilíbrio Químico é geralmente trabalhado com os alunos da Rede Pública Estadual no 2º ano do Ensino Médio.

Alguns autores como Hernando et al. (2003) e Machado e Aragão (1996) levantaram as principais dificuldades e obstáculos para os alunos na aprendizagem de Química. Entre elas podemos citar deficiências conceituais e problemas com o ensino convencional dos conceitos científicos. Machado e Aragão (1996) afirmam que as ideias dos alunos parecem ter origem na forma como o conceito é abordado nas aulas de Química e nos livros didáticos, com pouca ênfase em aspectos qualitativos e conceituais. Para as autoras não é suficiente a definição dos conceitos e a realização de exercícios quantitativos.

Deve-se utilizar a vivência dos alunos para abordar conhecimentos químicos, não deixando de lado a cultura local, a mídia para produzir uma leitura científica do mundo. A partir destas leituras podem-se abordar as linguagens da Química e seu caráter modelar. Assim, conceitos mais abstratos são trazidos para o cotidiano dos alunos sem perder a perspectiva científica, privilegiando suas relações com outras áreas do conhecimento e tornando a aprendizagem da Química mais interessante para os alunos. Segundo os PCNEM (Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio):

O conteúdo a ser abordado, nessa fase, deve proporcionar um entendimento amplo acerca da transformação química, envolvendo inicialmente seu reconhecimento qualitativo e suas interrelações com massa, energia e tempo. Esse reconhecimento deve levar em conta, inicialmente, os produtos formados, sua extensão total, para, depois, considerar também a coexistência de reagentes e produtos, sua extensão variável e o equilíbrio químico (BRASIL, 1999, p. 33).

Trata-se, portanto de conceitos fundamentais na compreensão da Química, principalmente como requisito para a aprendizagem de diversos outros conceitos tais como “o comportamento ácido-base, reações de óxido-redução e solubilidade, sendo trabalhado ao longo de um curso de Química em diferentes disciplinas (GOMES e MAXIMIANO, 2011)”. Trata-se de um conceito que se relaciona e depende de um grande número de outros conceitos de forma ordenada e interligada, para sua compreensão. Para Rocha et al. (2000).

O tema equilíbrio químico é um dos que implica no uso de um número maior de conceitos relacionados (reação química, equação química, reversibilidade e concentração) e apresenta múltiplas dificuldades que

coincidem nos muitos trabalhos nos quais se instigaram a compreensão deste tema (ROCHA et al., 2000, p.164).

Por outro lado, compreender os conceitos envolvidos numa situação em Equilíbrio Químico envolve mais que os conceitos descontextualizados e distantes das situações de vida cotidiana.

A interdisciplinaridade se deve fazer presente uma vez que “são necessários conceitos advindos de outras áreas do conhecimento, possibilitando ao aluno relacionar conceitos aprendidos nessas disciplinas” (BRASIL, 1999, p.17). Desta forma, o conceito de equilíbrio ultrapassa as fronteiras da Química, fazendo com que se integrem a conhecimentos de diversas áreas. Segundo os PCNEM ligam-se conceitos em uma rede de saberes úteis em outras situações que não apenas as escolares.

Dentre os requisitos essenciais para a compreensão dos conceitos relacionados ao conceito de Equilíbrio Químico pelos alunos levantados por Hernando et al. (2003) estão:

- Saber caracterizar macroscopicamente quando um sistema químico alcança o estado de equilíbrio, relacionando com as variações das propriedades do sistema (temperatura, pressão);
- Atribuir, em escala microscópica, um caráter dinâmico ao estado de equilíbrio e saber solucionar um problema aplicando este modelo;
- Entender que a igualdade das velocidades não significa que a extensão dos processos direto e inverso é a mesma, que a reação não ocorre necessariamente com rendimento de cinquenta por cento;
- Saber aplicar diferentes estratégias para concluir qual será o sentido da evolução do sistema em equilíbrio quando este é perturbado, levando em consideração as limitações do princípio de Le Chatelier.

Portanto, o conceito de Equilíbrio Químico é um dos conceitos mais importantes no estudo da Química, e sua maior complexidade está no reconhecimento de sua dinamicidade. Para Bertelle, Rocha e Castineiras (2014, p. 116), outras dificuldades também são obstáculos. Para os autores,

[...] los puntos de mayor conflicto a nivel conceptual, que los estudiantes tienen dificultades para reconocer e interpretar las

características mas importantes de la conceptualización de un sistema químico en equilibrio, como son su dinamismo y la composición constante y perciben el sistema que ha alcanzado el equilibrio como si estuviese formado por dos recipientes separados (BERTELLE, ROCHA e CASTINEIRAS, 2014, p. 116).

As autoras ainda relatam que os alunos compreendem o sistema como estático devido à analogia utilizada pelos professores ao relacionar um sistema em equilíbrio com uma balança equilibrada, diferente do que realmente é o fenômeno, um equilíbrio dinâmico. Diversas concepções errôneas podem ser construídas pelos alunos durante a aprendizagem deste conceito. As autoras recomendam também que os professores incluam em seu planejamento de aula algumas noções sobre o desenvolvimento histórico do conceito. Segundo Gomes e Maximiano (2011), citando Quílez Pardo (2000),

[...] há um consenso em dizer que, dentre os conceitos químicos fundamentais, o equilíbrio químico é um dos tópicos mais difíceis e exigentes para o aprendizado do aluno, do ensino médio ou de cursos introdutórios de química no ensino superior. De forma geral, a abordagem deste é demasiadamente quantitativa e fragmentada, com a utilização de regras para resolução de algoritmos, o que pode impedir a aprendizagem de conceitos, e ser uma fonte de erro conceitual refletindo na memorização de fórmulas que conduzem a uma aprendizagem mecânica e não significativa do conceito (GOMES e MAXIMIANO, 2011, p. 2).

A partir da alegação de que o tema é cobrado no vestibular, as situações de Equilíbrio Químico são decoradas pelos alunos com auxílio dos professores. Estes alunos não compreendem realmente o conceito e se preocupam somente em acertar as questões do vestibular. Entre as dificuldades dos alunos, Silva (2011), aponta que,

[...] um traço característico das aprendizagens sobre equilíbrio químico se refere ao fato de que alguns alunos são capazes de relacionar aspectos quantitativos deste conceito, como calcular constantes de equilíbrio, prever se o “equilíbrio se desloca para a direita, formando produtos” ou “para a esquerda, regenerando os reagentes”. Porém, a maioria deles não consegue compreender aspectos qualitativos, ou seja, o que ocorre em um sistema no estado de equilíbrio no nível atômico-molecular. Também não têm compreensão do porque aprender equilíbrio químico. Já os professores de Química justificam que ensinam sobre equilíbrio químico por ser cobrado no vestibular (SILVA, 2011, p. 4).

Autores como Lopes (1999) entendem que as concepções errôneas que os alunos apresentam sobre o tema Equilíbrio Químico podem gerar obstáculos para a aprendizagem e a compreensão dos fenômenos e transformações químicas que ocorrem na natureza e no cotidiano.

Quílez (2004) realizou um levantamento das principais dificuldades encontradas no ensino de Equilíbrio Químico. Entre elas estão a questão da reação incompleta, reversibilidade e dinâmica. Os alunos compreendem que só há um sentido para a ocorrência da reação e que uma reação química é interrompida quando um dos reagentes se esgota. Estas questões estão indicadas no Quadro 1.

Estas deficiências são geradas por um acúmulo de aprendizagens inadequadas e carregadas de vazios conceituais e podem ocasionar concepções alternativas e problemas formativos em relação ao conceito de Equilíbrio Químico, acarretando também dificuldades de aprendizagem de diversos outros conteúdos.

Quadro 1. Concepções dos alunos, levantadas por Quílez, 2004.

CONCEPÇÕES DOS ALUNOS	AUTORES
• não diferenciam reações irreversíveis de reações reversíveis; • não compreendem a velocidade em uma reação; • não compreendem quando o equilíbrio é estabelecido.	Driscoll, 1960; Wheeler e Kass, 1978; Hackling e Garnett, 1985; Banerjee, 1991.
Muitas vezes não conseguem entender a natureza dinâmica de um sistema em um estado de equilíbrio químico. (Concepção estática)	Godoretsky e Gussarsky, 1986; Thomas e Schwenz, 1998.
Muitas vezes conceituam equilíbrio oscilante como um pêndulo.	Bergquist e Heilkkinen, 1990; Van Driel et al., 1998.
Podem ter uma visão compartimentada de equilíbrio.	Johnstone, MacDonald e Webb, 1977; Furió e Ortiz, 1983; Cachapuz e Maskill, 1989; Stavridou e Solomonidou, 2000.
Podem acreditar que a massa e a concentração significam a mesma coisa para as substâncias em sistemas de equilíbrio.	Wheeler e Kass, 1978; Quílez e Solaz, 1995; Quílez, 2004.
Podem acreditar que as concentrações dos reagentes no equilíbrio são iguais às concentrações dos produtos.	Hackling e Garnett, 1985; Huddle e Pillay, 1996.
Podem encontrar dificuldades na compreensão dos termos: equilíbrio, deslocamento, mudança.	Evrard, Huynen e De Bueger-Vander Broght, 1998; Pedrosa e Dias, 2000; Quílez, 2004.

Fonte: Quílez, 2004, p. 71.

A natureza abstrata do conceito de Equilíbrio Químico, bem como suas dificuldades de aprendizagem são elencadas por autores como Johnstone, Macdonald e Webb (1977), que apresentam como aspectos mais abstratos desse tema a natureza

dinâmica, a necessidade de diferenciar situações de equilíbrio e de não equilíbrio, o uso do princípio de Le Chatelier e energia envolvida no processo.

Pode-se creditar também estas dificuldades à existência das concepções alternativas ou espontâneas que os estudantes trazem para a sala de aula. Em relação ao tema Equilíbrio Químico, Raviolo e Martínez Aznar (2003) mapearam as concepções dos estudantes em diferentes níveis de ensino, apresentando-as em três dimensões. Nas palavras dos autores:

Entre las dificultades más corroboradas por las investigaciones encontramos: (a) la confusión entre cantidad y concentración, (b) la imagen estática y (c) la imagen compartimentada (reactivos y productos por separado) del equilibrio (RAVIOLO e MARTÍNEZ AZNAR, 2003, p.62).

Por outro lado, os autores sistematizam de maneira bastante completa as concepções e dificuldades dos estudantes em um quadro com oito categorias, detalhando a concepção alternativa ou dificuldade apresentada para cada uma delas:

- a) Conceptos previos que se utilizan en el estudio del equilibrio químico
- b) Características de un sistema en equilibrio
- c) Lenguaje, simbolismo empleado y constante de equilibrio
- d) Efecto del cambio de variables sobre el equilibrio (aplicación del principio de Le Chatelier)
- e) Velocidades de reacción
- f) Catalizadores
- g) Energía
- h) Equilibrios heterogéneos (RAVIOLO e MARTÍNEZ AZNAR, 2003, p.63).

Em relação ao princípio de Le Chatelier, objeto deste trabalho apresenta-se as concepções e dificuldades indicadas pelos autores no Quadro 2. Além dessas dificuldades, com base em Bertelle, Rocha e Castineiras (2014) construiu-se o Quadro 3. Os autores selecionaram dificuldades muito parecidas às encontradas por Quilez (2004) e por Raviolo e Martínez Aznar (2003), mesmo passados dez anos destas pesquisas. O princípio de Le Chatelier é novamente citado como uma das principais dificuldades dos estudantes.

Quadro 2. Concepções alternativas e dificuldades em relação ao Princípio de Le Chatelier.

Categoria	Concepção Alternativa/dificuldade
Efeito da mudança nas variáveis sobre o equilíbrio (aplicação do princípio de Le Chatelier)	– Maiores dificuldades em aplicar o Princípio de Le Chatelier em sistemas com variação de temperatura. – Aplicação do Princípio de Le Chatelier a situações inadequadas. – Desconsideração de fatores que afetam o Equilíbrio Químico (controle de variáveis). – Dificuldades na comparação entre as concentrações entre um equilíbrio inicial e final. – Aplicação do Princípio de Le Chatelier a situações que conduzem a previsões incorretas. – Incompreensão do efeito de agregar um gás inerte a um sistema em equilíbrio – Não utilização de Q e K para a predição da evolução de um sistema.

Fonte: Adaptado de Raviolo e Martínez Aznar, 2003, p. 63.

Quadro 3. Dificuldades dos estudantes no uso dos conceitos relacionados a Equilíbrio Químico.

Autores	Dificuldades
Gorodetsky e Gussarsky (1986); Jonhstone, Mac Donald e Webb (1977); Quilez Pardo, J. e San Jose Lopez, V. (1993); Raviolo e Martinez (2003)	- Os alunos não percebem o dinamismo e a composição constante e percebem o sistema em equilíbrio como se fossem constituídos por dois recipientes separados.
Rocha (2008)	- Os alunos incorrem em confusão ao usar conceitos fundamentais relacionados com este tema, como as que ocorrem entre a velocidade e a extensão da reação e entre massa e concentração das substâncias envolvidas.
Goncalves Teixeira Junior e Ghisolfi Silva (2009); Gorodetsky e Gussarsky (1986); Maskill e Cachapuz (1989); Quilez e Solaz, 1995; Quilez (2006)	- Utilização inadequada do Princípio de Le Chatelier.
Garnett (1985)	- Os alunos explicam as mudanças nas velocidades de reação em equilíbrio, aplicando o Princípio de Le Chatelier.
Goncalves Teixeira e Ghisolfi Silva (2009)	- Os problemas com o Princípio de Le Chatelier podem ser considerados como aplicações mecânicas do mesmo pois os alunos não percebem o comportamento microscópico do sistema.
Rocha et al. (2000); Quilez (1998)	- Os alunos aplicam mecanicamente o Princípio. Isto está relacionado em parte à não interpretação do que seja um sistema que alcançou o equilíbrio químico, possivelmente porque as atividades de ensino provavelmente não apontam esta questão.

Fonte: Autores com base em Bertelle, Rocha e Castineiras (2014).

Ainda em relação ao princípio de Le Chatelier, Erben (2002) argumenta em uma pesquisa com estudantes universitários, que os mesmos apresentam dificuldades na utilização do princípio para interpretar e prever a evolução do sistema, não levando em consideração as variáveis envolvidas. Estas dificuldades, segundo o autor, permanecem em estudantes do terceiro ano. Em suas palavras,

Los alumnos de primer año utilizarían incorrectamente el principio de Le Chatelier para predecir la evolución de un sistema que ha sido perturbado, sin tener en cuenta las variables involucradas en cada situación. [...] De manera similar, la mayoría de alumnos de tercer año a la hora de hacer predicciones sobre la evolución de los equilibrios, continúa utilizando incorrectamente el principio de Le Chatelier. No obstante, no se detectan los errores mencionados para el otro grupo en cuanto a la adición de un gas inerte y la presencia de fases condensadas en el sistema (ERBEN, 2002, p. 63-64).

Na opinião do autor, os erros conceituais continuam a ser detectados em seu trabalho e coincidem com os erros encontrados na literatura em relação ao Princípio de Le Chatelier. Segundo ele, este conceito atua como um obstáculo para a aprendizagem de Equilíbrio Químico no nível universitário, a ponto de defender sua exclusão do currículo, corroborando sugestões neste sentido presentes na literatura. Para o autor:

Estos estudios respaldan la propuesta de algunos autores (Gold y Gold, 1985), de abandonar el uso del principio de Le Chatelier como herramienta metodológica, a favor del empleo de formulaciones de mayor rigor conceptual, que intenten superar las dificultades observadas (ERBEN, 2002, p.64).

O autor indica ainda que o instrumento utilizado na pesquisa foi útil para diagnosticar as alternativas conceituais dos estudantes sobre o tema para escolher as metodologias e estratégias a fim de superá-las.

Neste sentido, a formação de professores também necessita ser repensada. Teixeira Junior e Silva (2009) realizaram uma investigação com o propósito de analisar os conhecimentos de futuros professores de Química sobre Equilíbrio Químico, identificando suas dificuldades. Os autores analisaram respostas de 47 alunos do curso de Licenciatura em Química, do sexto e sétimo períodos de uma universidade pública do estado de Minas Gerais, utilizando questões que abrangeram os conteúdos referentes à expressão da constante de equilíbrio, a representação do estado de equilíbrio através

de modelos, análise de gráficos, princípio de Le Chatelier, aplicação deste princípio e equilíbrio em meio aquoso. Segundo os autores,

A análise dos questionários indica que os futuros professores apresentam dificuldades em definir o Equilíbrio Químico, aplicar as regras de Le Chatelier na resolução de problemas e conceituar equilíbrio químico aplicado a soluções de eletrólitos (TEIXEIRA JUNIOR e SILVA, 2009, p. 589).

Os resultados corroboram as dificuldades encontradas na literatura e indicam que os professores apresentam ideias muito próximas às dos alunos, incluindo o problema da dinamicidade de um sistema em equilíbrio além dos aspectos cinéticos ligados às reações químicas. Trata-se, portanto, não apenas de superar as dificuldades e concepções dos alunos, mas também dos professores. Nas palavras dos autores,

Em consonância com outros estudos foi possível perceber que os resultados são similares a outros encontrados para alunos do ensino médio, e permitem inferir que os futuros professores possuem idéias/concepções muito próximas das dos alunos. Entre elas podemos citar as que se relacionam com a imagem do sistema em equilíbrio (recipiente fechado, dinamismo, constância das concentrações, composição da mistura em equilíbrio) e com os aspectos cinéticos (modo de colisões, constância e variação de velocidades de reação em diferentes momentos) (TEIXEIRA JUNIOR e SILVA, 2009, p. 589).

Bertelle, Rocha e Castineiras (2014) indicam que é necessário insistir na ideia de equilíbrio dinâmico, focalizando mais em como se pode reconhecer uma situação de equilíbrio em detrimento da equação de reação. Também sugerem que os alunos devem usar a relação entre a constante de equilíbrio e o coeficiente de reação para analisar o comportamento do sistema ao se modificar as condições de trabalho. Outra proposta dos autores é fazer com que os alunos expressem suas ideias de concentração e massa nos momentos em que se discute a constante de equilíbrio.

Para que o professor consiga trabalhar desta forma, ele precisa eleger os conceitos fundamentais a serem estudados, buscando desenvolver o raciocínio dos alunos através da interpretação e pensamento sobre os fatos observados. Para os autores,

El rol del docente, en el desarrollo de este tipo de actividades es fundamental ya que debe contribuir a que el alumno razone, ayudando lo y dando tiempo para que puedan expresar lo que interpretan y piensan, de lo que estan observando. Muchas veces el docente preocupado por cumplir con la tarea en tiempo de clase o tratar de

explicar no pone atencion en esto y es fundamental porque sino la clase se transforma en una clase de transmision de conocimiento y no de construccion (BERTELLE, ROCHA e CASTINEIRAS, 2014, p.129).

Alguns pesquisadores também sugerem formas possíveis para superar as dificuldades conceituais apostando na ação dos professores, principalmente em sua formação conceitual adequada e consistente em manter as concepções próximas às dos alunos sejam ultrapassadas, gerando uma maior compreensão dos conceitos, sejam aqueles que fundamentam os processos de equilíbrio, sejam os decorrentes da matematização do conceito. Assim, constante de equilíbrio, influência da temperatura, mudanças na concentração dos sistemas etc., deixam de ser obstáculos à aprendizagem para se tornarem instrumentos para avaliar as situações de equilíbrio e prever resultados. Na opinião de Teixeira Junior e Silva:

Para superar essas dificuldades conceituais, os futuros professores precisam entender que a igualdade da velocidade em um estado de equilíbrio não significa que a extensão dos processos direto e inverso é a mesma. Há necessidade de discutir a constante de equilíbrio (K), indicando o progresso da reação direta frente à inversa se um determinado sistema alcança o equilíbrio (extensão final do processo). [...] Eles devem também saber derivar a definição operativa desta constante K para qualquer processo reversível, seja homogêneo ou heterogêneo, e saber prever em situações concretas se um sistema está ou não em equilíbrio. Em particular, há que se reconhecer que K só dependerá da temperatura e do sistema químico representado no esquema da reação e, paradoxalmente, não das concentrações no equilíbrio (visto que é uma constante). Um raciocínio matemático, associado à expressão da constante de equilíbrio, permite fazer previsões de forma não-equivocada (TEIXEIRA JUNIOR e SILVA, 2009, p. 589).

Em nossa compreensão, a formação do professor torna-se ponto essencial, não apenas para a melhora no ensino dos conceitos relativos ao tema Equilíbrio Químico, mas para o Ensino de Química em geral. É necessário que as propostas de formação de professores invistam numa sólida formação específica, aliada a uma formação pedagógica articulada aos conhecimentos específicos para possibilitar uma ação pedagógica efetiva e consistente por parte dos professores.

Infelizmente, os cursos de formação ainda permanecem organizados em formação pedagógica específica que caminham em separado, sem pontos de convergência e interligação. As práticas como componentes curriculares (PCC) ainda se constituem em formação fictícia ligada às disciplinas de conhecimento específico, sem

que os docentes tenham clareza sobre como articulá-las. Teixeira Junior e Silva (2009), discutindo os resultados de sua pesquisa, afirmam que:

Desse modo, as análises que apresentamos mostram-nos que é necessário investimentos na formação científica dos futuros professores tendo em vista que os problemas conceituais dos mesmos podem passar a existir refletido nos conhecimentos apresentados pelos estudantes. Desse modo, se não investirmos na formação docente as dificuldades conceituais serão mantidas nos diferentes níveis de ensino (TEIXEIRA JUNIOR e SILVA, 2009, p. 589).

Munford e Lima (2007) afirmam que precisamos reconhecer que há um grande distanciamento entre a Ciência ensinada nas escolas e a Ciência praticada nas universidades, em laboratórios e outras instituições de pesquisa. A Ciência assume papéis e objetivos diferentes. A escola objetiva promover a aprendizagem de um conhecimento científico já consolidado, e o principal objetivo da Ciência acadêmica é produzir novos conhecimentos científicos.

Ainda segundo Quílez (2004), a reconstrução histórica do conceito de produto químico e afinidade, por exemplo, permite que os professores trabalhem as ideias dos alunos sobre reações químicas. O desenvolvimento do pensamento crítico pode facilitar os alunos a compreenderem as ideias básicas sobre o tema. O autor indica ainda que desenvolver uma reconstituição histórica em paralelo a uma abordagem experimental, em que o estudo de reações primeiramente deve se concentrar nas alterações macroscópicas, pode contribuir para os seus primeiros questionamentos e aprimoramento.

É preciso possibilitar que os alunos se envolvam com a aprendizagem, condição essencial para o seu sucesso. Para isto devem-se elaborar estratégias de ensino apropriadas aos estudantes, estabelecendo relações, para as quais a História da Ciência pode contribuir. Para Schnetzler,

[...] o ensino de ciências/química implica a transformação do conhecimento científico/químico em conhecimento escolar, configurando a necessidade de criação de um novo campo de estudo e investigação, no qual questões centrais sobre o que, como e porque ensinar ciências/química constituem o cerne das pesquisas (SCHNETZLER, 2002, p. 15).

Podemos verificar por meio de trabalhos de autores como Laburú (2005), a importância da utilização da História da Ciência (HC) desde as pesquisas até os

planejamentos e as aulas. Assim, discutir a importância da utilização da História da Ciência e sua inclusão nas atividades de ensino é essencial, mas não se esgota aí, uma vez que esta utilização está diretamente vinculada ao uso do livro didático pelo professor de Química. A seguir discute-se a importância da HC no Ensino de Ciências e sua presença nos livros didáticos (livros e cadernos do professor e aluno do Estado de São Paulo).

2.3. HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO

A importância da utilização de História e Filosofia da Ciência no ensino de conteúdos vem sendo amplamente discutida por diversas pesquisas, em artigos de autores como Matthews (1995), Mach (1883/1960), Klein (1972), Mortimer (1988), Megid Neto e Fracalanza (2003) e Tavares (2010) e está longe de encontrar consenso. Estas pesquisas indicam a importância da compreensão de como se estrutura o conhecimento científico, para que os alunos tenham uma aprendizagem mais eficaz da Ciência, além de perceber o processo de construção histórica dos conceitos.

A pesquisa de Matthews (1995) indica que o contexto histórico pode auxiliar o entendimento dos conceitos no processo de aprendizagem, aproximando os alunos da realidade em que estes foram elaborados, construindo uma concepção de Ciência mais próxima da realidade e sua compreensão como atividade humana, sujeita a reestruturações constantes. Assim, acredita-se que a inserção de História e Filosofia da Ciência nas aulas, vinculada aos conceitos, trará melhor compreensão da dimensão e contexto dos conteúdos, favorecendo uma formação crítica dos estudantes.

Entretanto, segundo Saito (2010), as bases epistemológicas para a inserção da História e Filosofia da Ciência ainda necessitam de investimento em pesquisa:

A viabilização das propostas que procuram articular a interação entre História da Ciência e Ensino parece ainda carecer de bases teóricas mais sólidas. As propostas de interação, que vão desde aplicações em sala de aula, pautadas em diferentes correntes pedagógicas e em algumas perspectivas historiográficas, até estudos sobre o papel da História da Ciência no Ensino, apresentam-se, em sua maior parte, como relatos e “ensaios” (SAITO, 2010, p. 1-2).

Diversos pesquisadores têm se concentrado em propor alternativas de trabalho nesta área e não é possível negar a importância dos resultados de pesquisa e relatos de experiência produzidos. Apesar de controversa, a afirmação de Saito (2010) alerta para a necessidade de analisar estes resultados a fim de melhor utilizá-los em benefício do Ensino de Ciências/Química. Para o autor, os resultados de pesquisa têm se concentrado em grandes perspectivas (grupos) que são descritas como intervenções diretas em sala de aula ou proposições de alternativas de trabalho para o professor. Em suas palavras:

No primeiro grupo, encontramos propostas que pontuam diferentes vertentes pedagógicas associando-as ao uso da História da Ciência

para propor novos caminhos de abordagem. Dentre as propostas mais comuns, encontramos o uso de fontes históricas que, em algumas ocasiões vêm associadas ao emprego de softwares, a reprodução de experimentos históricos e outras que, articuladas juntamente com a epistemologia das ciências, tratam da natureza do conhecimento científico. Por sua vez, no segundo grupo, encontramos estudos que propõem examinar as potencialidades pedagógicas da História da Ciência. Esses estudos buscam não só investigar sobre a interação entre História da Ciência e Ensino, mas também fornecer subsídios aos educadores. Nesse grupo, encontramos trabalhos que buscam apresentar tópicos de História da Ciência nas várias áreas do conhecimento, a história das disciplinas e estudos sobre a incorporação da história no ensino de ciências nos atuais currículos (SAITO, 2010, p. 3-4).

Estas perspectivas indicam que, apesar de a discussão vir ocorrendo nos últimos trinta anos (BELTRAN, 2013), estamos ainda longe de propostas capazes de suprir as necessidades das salas de aula. Para a autora trata-se de aproximar dois campos interdisciplinares: o do Ensino de Ciências e da História e Filosofia da Ciência. Se a questão interdisciplinar por si só já apresenta dificuldades, quando se aproxima dois campos interdisciplinares com suas peculiaridades, as dificuldades aumentam.

Além disso, Saito (2010) afirma que apesar de a Historiografia da Ciência ter se transformado radicalmente com a renovação de suas perspectivas a HC não se constitui em método de ensino, e não pode ser tomada como tal:

Podemos dizer que a História da Ciência transformou-se nos últimos trinta anos renovando suas propostas historiográficas. Além disso, devemos também aqui ressaltar que, embora a História da Ciência seja uma mediadora para a aprendizagem de ciências, não é método de ensino, mas uma provedora de recursos que conduz à reflexão sobre o processo de construção do conhecimento científico (SAITO, 2010, p. 4).

A união de esforços entre historiadores da Ciência e educadores em Ciências poderia produzir resultados mais eficazes na utilização da HC no ensino de Ciências. É necessário que as expectativas de ambos se encaminhem para os mesmos propósitos. Saito (2010) afirma que isto já vem ocorrendo, e que duas preocupações básicas têm sido compartilhadas por educadores e historiadores da Ciência. Em suas palavras: “A primeira diz respeito ao papel que teria a História da Ciência no Ensino de Ciências e, a segunda, a forma na qual a História da Ciência deveria ser proposta em sala de aula” (SAITO, 2010, p. 6).

É necessário que o professor seja formado para utilizar a História e Filosofia da Ciência em situações de ensino para que possa fazer escolhas sobre como utilizar o material produzido pelos historiadores da Ciência em benefício da aprendizagem de seus alunos. A perspectiva de ensino adotada pelo professor será responsável pelo caminho metodológico escolhido por ele e pela decisão de inserir ou não a História e Filosofia da Ciência nas atividades de ensino.

Por outro lado, Pessoa (1996) indica que a perspectiva pedagógica a ser adotada pelo professor é que se tornará a responsável pela escolha do caminho a ser utilizado na proposta de ensino. Em alguns casos, segundo o autor, dependendo da opção escolhida, a utilização da HC não é necessária. Em suas palavras,

Na prática, ao ensinar podemos não ter um objetivo claro em mente: “damos aula porque fomos contratados para isso”- não se atua racionalmente o tempo todo. Mas se quisermos responder à questão de se a abordagem histórica deve ser usada no ensino de Ciências temos que ter bem claro qual é a nossa concepção de ensino e ao argumentar a favor da incorporação da H da C na sala de aula, deixar claro que objetivos podem passar a ser alcançados (PESSOA, 1996, p. 4).

Segundo Matthews,

[...] os estudantes devem desenvolver seu conhecimento e entendimento sobre como o pensamento científico mudou através do tempo e como a natureza desse pensamento e sua utilização são afetados pelos contextos sociais, morais, espirituais e culturais em cujo seio se desenvolvem (MATTHEWS, 1995, p. 167).

Mach (1883/1960) já argumentava que, para a compreensão de um conceito teórico, é necessário que se compreenda o seu desenvolvimento histórico. Em sua opinião, sem compreender o processo de construção do conhecimento científico, deixa-se espaços para que este adquira caráter prescritivo e infalível. Assim, seria possível modificar a concepção de ciência incluindo no currículo uma visão mais racional do conhecimento científico. Segundo Oki e Moradillo (2008),

Considera-se que a incorporação de um maior conteúdo de História, Filosofia e Sociologia da Ciência nos currículos pode contribuir para a humanização do ensino científico, facilitando a mudança de concepções simplistas sobre a ciência para posições mais relativistas e contextualizadas sobre esse tipo de conhecimento (OKI e MORADILLO, 2008, p.70).

É necessário que haja uma análise da história dos conceitos estudados e que estes sejam compreendidos no âmbito de sua elaboração, com suas características sociais e suas novas possibilidades. Alguns pesquisadores também apresentam argumentos contrários à forma de implantação de História e Filosofia da Ciência no ensino. O material existente em livros didáticos e paradidáticos ainda é insuficiente, e muitas vezes inadequado para atender as necessidades da sala de aula. Estas questões trazem à reflexão a fidedignidade de conceitos a serem ensinados sejam eles históricos ou conceituais. Neste sentido Klein afirma que:

Estamos, em outras palavras, planejando selecionar, organizar e apresentar esses materiais históricos, de forma, definitivamente, não histórica, ou até talvez, anti-histórica. Isto é bastante temerário, se estamos tão preocupados com a integridade e a qualidade da história que ensinamos quanto estamos preocupados com a física (KLEIN, 1972, p. 12).

Pode-se optar por diversas maneiras, ou abordagens históricas, dependendo dos objetivos traçados pelos docentes para a finalidade pedagógica, favorecendo uma construção mais ampla e complexa do conhecimento científico. Segundo Tavares (2010),

[...] cabe ao docente, enquanto agente conhecedor e organizador de sua disciplina, determinar *quando* e *como* trabalhará a perspectiva histórica, sempre levando em consideração seus alunos e os objetivos que estes devem alcançar (TAVARES, 2010, p. 24).

Para Pessoa (1996) há que se considerar algumas particularidades tais como:

- O conteúdo a ser trabalhado: o uso da História da Ciência pode ser mais frutífero no ensino de algumas áreas do que a abordagem tradicional.
- O nível escolar em consideração: quantidade de vezes em que o aluno viu a matéria.
- O grau de ênfase a trabalhar com História da Ciência: dependendo do nível escolar do aluno.
- O tipo de abordagem histórica: diferentes formas de abordar História e Filosofia da Ciência nos livros didáticos.

O autor ainda conclui que:

Qualquer proposta de inserção da H da C no ensino envolve muita discussão. Assim, é bom pensarmos em maneiras concretas de incentivar a inserção de conteúdos históricos – também da Filosofia da Ciência e de outras áreas metacientíficas – no Ensino de Ciências (PESSOA, 1996, p. 6).

Um dos problemas e dificuldades no uso de História para o ensino de conteúdos de Ciências está no fato de que um profissional formado em Química, por exemplo, pode ter uma perspectiva diferente da que possui um historiador. Entretanto, apesar das dificuldades apontadas por alguns pesquisadores (KLEIN, 1972), o uso de História da Ciência contribui significativamente para o ensino, pois segundo Matthews,

[...] a história da ciência contribui para o seu ensino porque: (1) motiva e atrai os alunos; (2) humaniza a matéria; (3) promove uma compreensão melhor dos conceitos científicos por traçar seu desenvolvimento e aperfeiçoamento; (4) há um valor intrínseco em se compreender certos episódios fundamentais na história da ciência -a Revolução Científica, o darwinismo, etc.; (5) demonstra que a ciência é mutável e instável e que, por isso, o pensamento científico atual está sujeito a transformações que (6) se opõem a ideologia científicista; e, finalmente, (7) a história permite uma compreensão mais profícua do método científico e apresenta os padrões de mudança na metodologia vigente (MATTHEWS, 1995, p. 172-173).

Matthews indica que História e a Filosofia da Ciência podem representar no Ensino de Ciências uma dimensão mais humana e compreensível da mesma, que pode ser apreciada por alunos que estão descobrindo e sendo apresentados a estes conteúdos. Pode também ser vantajoso para os professores que estão ensinando uma disciplina, utilizar a história da mesma, promovendo um ensino de melhor qualidade, crítico, histórico e filosófico.

Nas “aulas tradicionais” percebe-se a falta de uma abordagem histórica e a compreensão dos alunos não é relacionada com o fato de as ciências estarem em constantes modificações. Como aponta Mortimer:

Os alunos são treinados a resolver alguns tipos bem definidos de exercícios. Se forem colocados diante de qualquer problema um pouco diferente daquela tipologia apresentarão grande dificuldade em resolvê-lo. [...] A química é mostrada como algo pronto e acabado, e seus modelos são transformados em dogmas irrefutáveis. Essa visão é totalmente distorcida, pois os modelos e teorias nas ciências físicas são aproximações, sujeitas à revisão desde que surjam fatos que os contradigam ou que fiquem sem explicação (MORTIMER, 1988, p. 37).

Martins (2007) argumenta que se constitui praticamente consenso na área de Ensino de Ciências a importância e as potencialidades do uso da HC em ambiente escolar. Apesar disto, muitos ainda são os desafios que se colocam a educadores e historiadores da Ciência na transposição da HC para a sala de aula. Segundo Forato, Martins e Pietrocola (2009) surgem aí muitas questões, dentre elas:

Como adequar os conhecimentos de história e filosofia da ciência (HFC) ao ambiente escolar? Como saber identificar as informações relevantes sem distorcer os episódios? Como retratar com a melhor fidedignidade possível o debate entre teorias, a proposta de novas idéias, a realização de experimentos, para um público não especializado, não familiarizado com a metodologia da HC? Quais aspectos de episódios históricos podem propiciar reflexões sobre a NDC? Quais tipos de distorção devem ser evitados? Como ser ao mesmo tempo adequado ao aluno e ao professor não-especialista e evitar a construção de uma pseudohistória (FORATO, MARTINS e PIETROCOLA, 2009, p.2).

Elaborar materiais didáticos para a utilização de HC no ensino pressupõe lidar com as orientações epistemológicas e metodológicas adotadas. Além disso, a Ciência e sua construção ocorreram em embates entre teorias rivais, quando as concepções raramente são congruentes. Usar a HC no ensino implica em considerar também os “critérios” adotados pelo historiador da Ciência, tanto do ponto de vista metodológico como historiográfico, conforme apresentado por diversos autores (SAITO, 2010; KRAGH, 2001). É importante considerar também que estas distorções influenciarão as visões de professores e alunos da Educação Básica. Na opinião de Forato, Martins e Pietrocola,

Muitas das críticas às distorções da história presentes na educação científica devem-se menos a um preciosismo histórico em si, e mais a preocupação sobre a visão de ciência fomentada em professores e estudantes. Considerar as necessárias adaptações ao ambiente escolar não significa aceitar a construção de narrativas históricas distorcidas dos fatos, embora as narrativas históricas adequadas ao ensino não se configuram em pesquisas voltadas à comunidade de historiadores da ciência (FORATO, MARTINS E PIETROCOLA, 2009, p. 2).

Conscientes de que as distorções influenciam não apenas o resultado do uso da HC no ensino, mas a concepção de Natureza da Ciência na formação de alunos e professores é necessário buscar alguns dos desvios presentes em abordagens descontextualizadas de episódios na HC produzidos pelas distorções na apresentação de

documentos considerados pelas abordagens atuais da Historiografia da Ciência. Entre eles pode ser citado o anacronismo, gerado pela desconsideração do contexto histórico social onde os conhecimentos foram gerados, ou seja, visualizar a história utilizando normas e padrões considerados adequados na atualidade. Forato, Martins e Pietrocola (2009), apontam que,

Pontos de vista anacrônicos de qualquer fato ou de episódios da HC interpretam e julgam os acontecimentos históricos de um período com valores, ideias e crenças de outra época. Em geral, avaliam o passado de modo preconceituoso, selecionando e enaltecendo conceitos e teorias “similares” aos aceitos no presente. Olhar para o passado com os olhos do presente decorre tanto de ações ingênuas devidas ao desconhecimento historiográfico ou de ações que buscam atingir determinados propósitos (FORATO, MARTINS e PIETROCOLA, 2009, p.3).

Entre as possíveis formas de anacronismos cometidas na interpretação da HC está o “whigguismo”, onde a narrativa dos acontecimentos históricos é realizada do ponto de vista de reafirmar a autoridade de grandes pensadores. Deixam-se de lado as controvérsias presentes no desenvolvimento dos conhecimentos e a incerteza histórica com a finalidade de apresentar os personagens como heróis. Citando Jardine (2003), os autores descrevem como a reconstrução histórica whig apresenta a HC.

O termo whig já era usado por historiadores no início do século XX e na HC ele designa um tipo de história anacrônica que glorifica a genialidade de algumas personagens, em geral, batizadas de pais de inventos e campos de estudo. Tal reconstrução desconsidera a complexidade do fazer científico, como a contribuição dos debates, de erros, de teorias superadas e mesmo de fatores extracientíficos no desenvolvimento da ciência (FORATO, MARTINS e PIETROCOLA, 2009, p.3).

Além deste exemplo de anacronismo, pode ser citada também a reconstrução linear de episódios da HC. Nesta perspectiva os episódios históricos são narrados de forma linear e sequencial, desconsiderando os fatores presentes no desenvolvimento da Ciência, o que leva à crença em uma Ciência infalível e desenvolvida através de um “método científico” a ser utilizado em qualquer situação. As características de uma narrativa linear focam em geral numa reconstrução racional do desenvolvimento dos conceitos científicos ordenada de maneira racional. Assim,

Em geral, seu autor seleciona em períodos anteriores apenas os fatores que contribuem para uma reconstrução racionalmente ordenada das etapas da criação de teorias e conceitos científicos aceitos pela ciência contemporânea. As idéias e os acontecimentos do passado são organizados como se a elaboração de conceitos e teorias seguisse etapas encadeadas logicamente, cujo resultado final seria fatalmente encontrado (FORATO, MARTINS e PIETROCOLA, 2009, p.4).

Estas constatações indicam a complexidade da inserção da HC nas aulas de Ciências/Química, uma vez que envolvem diretamente a visão de Ciência que será levada à sala de aula pelos professores. É muito difícil para os mesmos fazer a detecção das visões distorcidas da Ciência que se fazem presentes em livros didáticos e que reforçam a ideia de uma Ciência linear e distante dos embates sócio-históricos que permearam sua construção. Concorde-se com Forato, Martins e Pietrocola (2009) sobre a necessidade de produzir uma educação científica capaz de superar esta visão deturpada sobre a natureza da Ciência. Os autores julgam:

[...] de fundamental importância promover na educação científica uma visão [...] que incorpore, por exemplo, os seguintes aspectos: • a natureza não fornece dados suficientemente simples que permitam interpretações sem ambigüidades; • uma observação significativa não é possível sem uma expectativa preexistente; • a ciência é uma atividade humana influenciada pelo contexto sociocultural de cada época; • teorias científicas não podem ser provadas e não são elaboradas unicamente a partir da experiência; • o conhecimento científico baseia-se fortemente, mas não inteiramente, na observação, evidência experimental, argumentos racionais e ceticismo (FORATO, MARTINS e PIETROCOLA, 2009, p.5).

Quais seriam então os benefícios da introdução da HC nas aulas de Ciências/Química? Não se pode considerar que a introdução da HC no ensino resolva em definitivo todos os problemas de aprendizagem presentes em sala de aula. A pesquisa tem evidenciado reiteradamente as potencialidades desta introdução, mas, tem também indicado os desafios da mesma. Gooday (2008), em um artigo onde discute se a educação científica necessita da HC, afirma que:

História da ciência, portanto, não é muito provavelmente a panacéia universal que alguns de nós, nos nossos momentos mais hiperbólicos fomos tentados a reclamar. Concedidas essas ressalvas, historiadores das ciências certamente não estão entregues a sua disciplina só para a sua gratificação pessoal. Há, sem dúvida, grandes benefícios para o estudo da história da ciência que outros podem compartilhar, mas especialmente benefícios para os estudantes de ciência, nomeadamente da aprendizagem da história de sua disciplina. [...]

Mas para provar isso os historiadores da ciência precisam de boa, desapaixonada e bem evidenciadas razões para defender os benefícios educacionais de seu assunto (GOODAY, 2008, p. 322, tradução nossa).

Assim, apesar dos benefícios da introdução da HC apontados na literatura, percebe-se também, que a eficácia desta introdução depende de inúmeros fatores. Entre eles podemos citar a qualidade e disponibilidades de Historiografias, que ainda estão sujeitas a falhas e escassez. Os próprios historiadores da Ciência reconhecem o longo caminho a ser trilhado para produzir benefícios à educação científica, que a Historiografia da Ciência pode proporcionar. Nas palavras de Gooday (2008):

Nós precisamos produzir evidências mais firmes e mais extensas da eficácia educacional do pensamento histórico sobre a ciência. Nós também precisamos trabalhar mais de perto com os cientistas para afastar usos irresponsáveis da história que pode se infiltrar no currículo de ciências (GOODAY, 2008, p. 330, tradução nossa).

Esta constatação indica a necessidade de considerar a ação do professor no processo de ensino. Nem sempre o professor teve uma formação adequada para desenvolver atividades de ensino considerando o uso da HC. Com relação ao contato que os professores possuem com as pesquisas na área, Beltran (2010) alerta que:

Sob essa perspectiva é que deveria procurar o estabelecimento de interfaces entre história da ciência e ensino. Entretanto [...] os novos estudos em história da ciência ainda não chegaram a educadores e professores das várias disciplinas (BELTRAN, SAITO e TRINDADE, 2010, p. 7).

Para além destas questões, a discussão sobre a HC presente nos livros didáticos, a descrição histórica da construção do conceito é fundamental para este trabalho. Assim, a seguir serão tratados a presença da HC e o tratamento dado aos conceitos de Equilíbrio Químico nos livros didáticos.

2.3.1. HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NOS LIVROS DIDÁTICOS: O CONCEITO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO

As observações realizadas ao se discutir a utilização da HC no ensino indicam a necessidade de reflexão sobre as fontes de consulta utilizadas pelos professores para o planejamento e ação didática. Normalmente, os professores utilizam o livro didático como principal fonte de pesquisa (MEGID NETO e FRACALANZA, 2003). Outros materiais são relativamente pouco utilizados. Considera-se que os livros didáticos são importantes instrumentos de homogeneização dos conceitos e conteúdos e metodologias educacionais (CANZIAN, 2011).

Segundo Camargo (2007), é preciso ultrapassar a visão dogmática sobre a Ciência, buscando incorporar ao processo pedagógico conhecimentos advindos de outras fontes. Em suas palavras,

Priorizar o raciocínio científico, tomando como verdade inquestionável na escola, compromete ações voltadas ao desenvolvimento da experiência vivenciada, pois a idolatria exacerbada por tais 'verdades' ajuda a banir o conhecimento proveniente da experiência que os sujeitos trazem por suas origens, suas culturas. Toda idéia sem fundamento científico, que não obedeça a preceitos, leis e dogmas instituídos pelas ciências, corre o risco de ser abolida das discussões escolares (CAMARGO, 2007, p.75).

Para Lopes (2007) os livros didáticos utilizados no Brasil seguiram, na década de 1960, os padrões americanos, que apresentavam objetivos diferentes daqueles necessários ao ensino em nosso país. Para a autora, uma das características importantes nos projetos americanos,

[...] era o fato de os livros didáticos terem sido escritos por cientistas, embasados no trabalho efetivo de pesquisa. Assim, o objeto dos projetos resumiu-se em tornar o aluno participante ativo do processo de pesquisa (LOPES, 2007, p.95).

Megid Neto (2003) aborda o fato de que apesar de todos os esforços empreendidos para a elaboração de mudanças em livros didáticos, ainda não se alterou o tratamento dado ao conteúdo presente nos livros que configuram erroneamente o conhecimento científico como um produto acabado, apresentando o conhecimento

sempre como verdade absoluta, desvinculado do contexto histórico e sociocultural. Vasconcelos e Souto (2003) afirmam que:

Uma leitura atenta da maioria dos livros de Ciências disponíveis no mercado brasileiro, entretanto, revela uma disposição linear de informações e uma fragmentação do conhecimento que limitam a perspectiva interdisciplinar. A abordagem tradicional orienta a seleção e a distribuição dos conteúdos, gerando atividades fundamentadas na memorização, com raras possibilidades de contextualização. Ao formular atividades que não contemplam a realidade imediata dos alunos, perpetua-se o distanciamento entre os objetivos do recurso em questão e o produto final. Formam-se então indivíduos treinados para repetir conceitos, aplicar fórmulas e armazenar termos, sem, no entanto, reconhecer possibilidades de associá-los ao seu cotidiano. O conhecimento não é construído, e ao aluno relega-se uma posição secundária no processo de ensino-aprendizagem (VASCONCELOS e SOUTO, 2003, p. 94).

As mudanças propostas restringem-se a questões pontuais e pouco atendem as necessidades de um material didático que muitas vezes se constitui, como já dissemos, na única fonte de pesquisa para o professor e de formação para o aluno. Apesar de o acesso a informação fora da escola ter se desenvolvido rapidamente através do uso das tecnologias da informação e comunicação, de forma paradoxal estas não são utilizadas em sala de aula para a aprendizagem escolar. É no livro didático que os professores sustentam todo o seu planejamento e construção de sequências didáticas. Para Megid Neto e Fracalanza (2003), a mudanças nos livros são lentas. Em suas palavras:

[...] os autores de livros didáticos procuram incorporar os fundamentos conceituais e os avanços educacionais na área de Ciências, tanto nas páginas iniciais das coleções, quanto nas explicações e na introdução da obra ao professor e aluno. Contudo, a implementação dessas idéias usualmente não se efetiva no texto do livro, nas atividades propostas, nem ao menos nas orientações metodológicas explicitadas ou implícitas na obra (MEGID NETO e FRACALANZA, 2003, p. 150).

Em sua pesquisa, Megid Neto e Fracalanza (2003) relatam que os professores indicam fazer uso do livro didático em três perspectivas: usam várias coleções de diversos autores para o planejamento e atividades de ensino, usam o livro como apoio às atividades de ensino e aprendizagem ou ainda como fonte para complementar seus conhecimentos e na realização de pesquisas pelos alunos. Quando se solicita aos professores que indiquem critérios para escolher os livros didáticos, eles o fazem apontando as seguintes características:

- Integração ou articulação dos conteúdos e assuntos abordados;
- Textos, ilustrações e atividades diversificados e que mencionem ou tratem situações do contexto de vida do aluno;
- Informações atualizadas e linguagem adequada ao aluno;
- Estimulo à reflexão, ao questionamento, à criticidade;
- Ilustrações com boa qualidade gráfica, visualmente atraentes, compatíveis com a nossa cultura, contendo legendas e proporções espaciais corretas;
- Atividades experimentais de fácil realização e com material acessível, sem representar riscos físicos ao aluno;
- Isenção de preconceitos socioculturais;
- Manutenção de estreita relação com as diretrizes e propostas curriculares oficiais (MEGID NETO e FRACALANZA, 2003, p. 148-149).

Nenhum dos professores participantes das pesquisas indica a presença da HC nos livros como um critério para fazer sua escolha. Aos professores parece ser irrelevante que os livros tragam episódios da HC. Isto também pode estar ligado à formação deficiente oferecida nas instituições formadoras. Por outro lado, os autores (MEGID NETO e FRACALANZA, 2003), apontam que a visão de Ciência presente nos livros fica refém do tratamento dado ao conteúdo, construindo uma visão deturpada da natureza da Ciência e do trabalho científico, uma vez que se afasta de sua epistemologia. Os autores continuam afirmando que os livros didáticos ainda permanecem longe do idealizado. Em suas palavras,

Apesar de todos os esforços empreendidos até o momento, ainda não se alterou o tratamento dado ao conteúdo presente no livro que configura erroneamente o conhecimento científico como um produto acabado, elaborado por mentes privilegiadas, desprovida de interesses político-econômicos e ideológicos, ou seja, que apresenta o conhecimento sempre como verdade absoluta, desvinculado do contexto histórico e sociocultural. Aliás, usualmente os livros escolares utilizam quase exclusivamente o presente atemporal (presente do indicativo) para veicular os conteúdos. Desse modo, apresenta-os como verdades que, uma vez estabelecidas, serão sempre verdades (MEGID NETO e FRACALANZA, 2003, p. 151).

Em relação às ilustrações encontradas nos livros didáticos, os problemas parecem ser também recorrentes. Gibin, Kiill e Ferreira (2009), em uma pesquisa que visou categorizar as imagens presentes nos capítulos dos livros didáticos onde era tratado o tema Equilíbrio Químico indicam que as imagens não auxiliam a compreensão dos conceitos, pois têm caráter ilustrativo-figurativo. Outra característica marcante é o

fato de as ilustrações não serem citadas nos textos, o que deixa ao leitor a responsabilidade por fazer as correlações entre figuras e textos. Nas palavras dos autores:

Dentre as ilustrações analisadas, poucas têm por finalidade a função de auxiliar na compreensão dos conceitos, pois um elevado número delas é inoperante e apresentam função meramente figurativa. Todas as obras apresentaram grandes quantidades de ilustrações conotativas, ou seja, as ilustrações não são citadas no texto e podem dificultar a compreensão, uma vez que cabe ao aluno correlacionar imagem e texto escrito (GIBIN, KIILL e FERREIRA, 2009, p.720).

Os livros didáticos que incluem a HC têm apresentado dados de relevância e confiabilidade duvidosas (TAVARES, 2010), incluindo situações não verídicas ou deturpadas. A HC deve ser utilizada durante a proposta de ensino, levando-se em consideração a fidedignidade de seus dados e contexto, mas, e principalmente, levando em consideração a escolha pedagógica adotada pelo professor, as necessidades dos alunos e as experiências e vivências trazidas para a sala de aula.

Megid Neto e Fracalanza (2003) aponta a necessidade de considerar na introdução da HC no ensino, a utilização de outros recursos pedagógicos em consonância com as pesquisas realizadas na área de Ensino de Ciências, além das características dos alunos e seu ambiente histórico-social. Para o autor,

[...] também deveria ser incentivada a produção de outros recursos didáticos que pudessem atender às diretrizes e orientações curriculares oficiais e, ao mesmo tempo, levar em consideração os resultados e contribuições das pesquisas educacionais, bem como o contexto histórico e a diversidade cultural dos alunos (MEGID NETO e FRACALANZA, 2003, p. 156).

As pesquisas têm demonstrado que é mais fácil compreender a natureza da Ciência estudando o modo como ela se desenvolveu desde as suas origens (MATHEWS, 1995; MEGID NETO e FRACALANZA, 2003; SAITO, 2010; BELTRAN, 2013). Por outro lado, encontra-se nos livros didáticos uma abordagem do conhecimento científico como uma sucessão de fatos organizados de forma lógica e cronológica, omitindo debates e outras questões que, direta ou indiretamente, estiveram presentes no momento de sua formulação, ou ainda de forma anedótica, ou colocadas em quadros nas laterais, nas orelhas, dos livros (TAVARES, 2010). A abordagem tradicional da HC nos livros didáticos induz os professores a apresentar em sala de aula

uma proposta que, no geral, tende a manter e reforçar a visão deturpada de Ciência e de seu desenvolvimento.

A abordagem de HC sobre o tema Equilíbrio Químico nos livros didáticos apresenta também grandes lacunas. Os autores dos livros didáticos ao longo do tempo sempre tiveram dificuldades em romper com certas tradições, como utilizar a HC como curiosidade, dando importância mais às equações e tabelas que devem ser “decoradas”, sem a devida explicação de como surgiram os conceitos necessários à interpretação daqueles dados e às características de reações.

Uma característica importante em relação ao conceito de Equilíbrio Químico presente nos livros didáticos diz respeito à representação dos sistemas em equilíbrio. Milagres e Justi (2001) analisaram três livros e indicam que a maioria das ilustrações apresentadas representa o fenômeno no nível macroscópico, dificultando a compreensão dos estudantes. As explicações relativas ao fato de um sistema atingir o estado de equilíbrio e seu deslocamento situam-se todas no nível microscópico. Os livros didáticos não apostam na discussão sobre a característica fundamental de um sistema em equilíbrio que é a dinamicidade. Segundo Teixeira Junior e Silva:

As ilustrações apresentadas nos livros didáticos não representam a dinamicidade dos sistemas em equilíbrio, o que contribui para a dificuldade de os alunos entenderem como ocorrem as reações e como o estado de equilíbrio é atingido (TEIXEIRA JUNIOR e SILVA, 2009, p. 574).

Estas discussões sobre o livro didático e a suas características em relação à apresentação da HC, além da discussão sobre como se apresenta o conceito de Equilíbrio Químico em alguns livros didáticos implicam na necessidade de verificar como o conceito de Equilíbrio Químico, em especial como o Princípio de Le Chatelier e o processo Haber-Bosch foram consolidados ao longo da HC.

2.4. CONCEITO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO: EVOLUÇÃO HISTÓRICA

Apresentamos a seguir um levantamento sobre a evolução do conceito de Equilíbrio Químico, a partir de épocas em que seu estudo já era conhecido e publicado, iniciando sua evolução a partir do conceito de Afinidade, enriquecido pelo conceito de Dinâmica. O levantamento foi realizado com sua base principal no trabalho de Quílez (2004), os originais não foram contemplados neste trabalho, devido a sua dificuldade de acesso, portanto, as hipóteses dos cientistas bem como questões extra científicas que rodeiam as elaborações científicas, em sua maioria, não são abordadas neste trabalho.

Gilbert e Bouter (2000) realizaram uma classificação dos modelos de Equilíbrio Químico, referindo-se aos níveis macroscópicos (substâncias) e microscópicos (partículas) relacionando-os à época de sua utilização, apresentados a seguir:

- i. Modelo de Equilíbrio-químico focado nas forças: Modelo utilizado no século XVIII e até a metade do século XIX. As reações químicas tinham explicações oriundas do paradigma newtoniano da mecânica, lei de afinidades e lei da ação das massas.
- ii. Modelo de Equilíbrio-químico focado nas velocidades: Modelo utilizado no final do século XIX até parte do século XX. Início das pesquisas sobre velocidade das reações, relação entre velocidade e massa e constante de equilíbrio.
- iii. Modelo de Equilíbrio-químico focado na energia: Modelo utilizado desde o ano de 1923. Utilização da termodinâmica nas reações químicas, o equilíbrio é alcançado quando o sistema produz trabalho máximo e potencial energético mínimo. Um sistema está em equilíbrio quando a energia livre é mínima.

Muitos professores da rede pública, devido em sua maioria, ao tempo de execução das aulas de Química, não abordam o conceito de Equilíbrio Químico de maneira energética. A maioria das aulas englobam as equações que são utilizadas em cálculos de equilíbrio, mas não abrangem diretamente nenhum enfoque.

Para Sabadini e Bianchi (2007) atualmente o ensino do conceito de equilíbrio químico no Ensino Médio está, nos livros didáticos, relacionado sob o ponto de vista da cinética química e deixa de apresentar aos leitores o fato de que as reações químicas são regidas pelas leis universais que descrevem as transformações da natureza, com

conceitos relacionados da termodinâmica, como o de que os sistemas se transformam procurando situações mais estáveis e a de que a energia se conserva nas transformações. Ao não abordar-se o tema do ponto de vista termodinâmico há um grande prejuízo aos alunos quando, ao se depararem com o tema no ensino superior, precisam construir uma clara distinção e definição de conceitos cinéticos e termodinâmicos.

Optou-se por iniciar o levantamento histórico dos conceitos envolvidos no estudo do Equilíbrio Químico, como Afinidade, que é ideia chave para o desenvolvimento do conceito de Equilíbrio Químico durante o último quarto do século XVIII e século XIX, seguido da concepção sustentada na Dinâmica, pois estes apoiaram as concepções de diversos cientistas. Indicam-se como as primeiras ideias foram compreendidas em seus diferentes significados e como o conceito evoluiu no decorrer do tempo. A seguir são apresentados estudos realizados principalmente por Quílez (2004), além das contribuições de diversos autores, e de Verzoto (2008), para quem,

[...] a construção do conhecimento sobre equilíbrio químico trilhou, historicamente, um longo caminho que representou grandes contribuições relacionadas com o fenômeno das transformações químicas. A partir dos trabalhos de Gilbert Lewis, até os dias atuais, inúmeros estudos ofereceram contribuição significativa à nossa atual concepção de cinética química e termodinâmica e, neste período foram descritas interpretações mais complexas do conceito de equilíbrio químico, principalmente com o desenvolvimento da termodinâmica (VERZOTO, 2008, p. 79).

2.4.1. AFINIDADE

No decorrer do século XVIII iniciaram-se as investigações incentivadas pela preocupação de tornar as afinidades objeto direto da estruturação da Química como Ciência. Assim,

Na perspectiva de Buffon, a química ainda não se <<transformou>> verdadeiramente numa <<ciência>>. Sê-lo-á quando a sua relação de direito com a astronomia se tornar um facto. E essa transformação passa pela questão das afinidades.

Mas como passar das tabelas de afinidades – que se poderia nessa perspectiva, comparar aos dados empíricos da astronomia, domínio em que Kepler e Newton estabelecerão as suas leis – à química finalmente científica? (BENSAUDE-VICENT e STENGERS, 1996, p. 102).

A teoria do flogisto foi utilizada durante um longo período para a interpretação dos fenômenos químicos conhecidos na época como “combustão”, e foi desenvolvida inicialmente por Georg Ernest Stahl (século XVII), estudando processos associados à preparação de bebidas fermentadas e a preparação do pão. A função do carvão na extração dos metais levou Stahl a investigar a semelhança entre as calcinações metálicas e as combustões e sobre a redução das *cais* (palavra atribuída pelos químicos do séc. XVIII aos óxidos obtidos por aquecimento prolongado de um metal) (MAGALHÃES e COSTA, 1994).

Stahl considerava que:

- Todos os corpos combustíveis eram constituídos por um princípio inflamável ou combustível que não era mais que o fogo fixado, ou combinado, ao qual deu o nome de flogisto, palavra derivada do grego phlogistós, inflamável.
- Este princípio combustível só era perceptível quando retomava as suas propriedades próprias, isto é, quando abandonava o corpo com o qual estava unido, constituindo então o fogo propriamente dito, acompanhado de luz e calor.
- Este princípio combustível ou flogisto tinha a propriedade de se poder transmitir de um corpo para outro, de acordo com um certo número de leis, a que deu o nome de afinidades (MAGALHÃES e COSTA, 1994, p. 9).

De acordo com Duncan (1970 *apud*. Quílez, 2004) havia inicialmente, nos estudos sobre as substâncias, uma visão antropomórfica da natureza, com conceitos de simpatia e antipatia entre substâncias. Partington (1970) relata que Albertus Magnus

trouxe a consideração de que quanto maior a afinidade (designação atual) entre dois produtos químicos, maior é a tendência destas substâncias a reagir, ideia que remonta a Hipócrates. Newton considerou que na química haveria forças semelhantes às gravitacionais, manifestadas apenas a uma distância muito curta, e a extensão dessas forças dependia do tipo de substâncias em causa, introduzindo uma visão mecânica para a química.

Em 1718, Claude-Joseph Geoffroy criou a Tabela de Afinidades Químicas para medir as diferenças na reatividade dos corpos (BENSAUDE-VICENT e STENGERS, 1996). Segundo as autoras, na tabela citada:

No topo de cada coluna figura um corpo, seguido por todos aqueles que são susceptíveis de se combinar com ele, a ordem é determinada por aquilo a que Newton tinha chamado a sua <<atração>> respectiva pelo corpo representando no topo: um corpo <<substitui>> na combinação com este último todos aqueles que o seguem e é <<substituído>> por todos que o precedem (BENSAUDE-VICENT e STENGERS, 1996, p. 83).

Geoffroy relaciona em 16 colunas 16 substâncias e determina empiricamente as reatividades entre elas, ou relatas as já conhecidas. Em cada coluna a afinidade para com a substância na cabeça da coluna decresce de cima para baixo, de modo que quando duas substâncias com alguma tendência a se combinarem estão reunidas e encontram uma terceira com afinidade maior com alguma das primeiras, ela se combina com algumas destas substâncias, deixando a outra substância livre (MAAR, 2008).

Por outro lado, Wenzel, Kirwan, Guyton de Morveau, e Fourcroy tentaram determinar quantitativamente a intensidade da força de afinidade ou atração química (Duncan, 1996 *apud*. Quilez, 2004).

Pierre Joseph Macquer, em 1749, juntamente com Antoine Baumé, apresentaram sete tipos de afinidades (MAAR, 2008):

1. Afinidade de agregação: acúmulo de matéria em corpos homogêneos.
2. Afinidade de composição: agregação com formação de substâncias químicas heterogêneas.
3. Afinidades complexas: envolvem duas ou mais espécies diferentes.
4. Afinidade de meio: um determinado “meio” faz com que surja afinidade entre espécies

5. Afinidade de decomposição.
6. Afinidade recíproca: uma terceira substância pode criar uma predisposição para que duas substâncias tenham afinidade.
7. Afinidade dupla: A não apresenta afinidade nem por B nem por C, mas tem afinidade por B+C quando juntos em uma reação.

Torbern Bergman, entre 1775 e 1783, elaborou também suas tabelas de afinidades. As tabelas de Bergman ordenaram vários milhares de reações químicas, e continham 49 colunas, 27 ácidos, 8 bases, 14 metais entre outros (BENSAUDEVICENT e STENGERS, 1996). Bergman estudou as reações de deslocamento e as possíveis reações, sob a interpretação newtoniana de afinidades químicas. A determinação das afinidades representou a interpretação de reações de deslocamento e sua aplicabilidade a reações entre os ácidos, bases e sais e consistiu em uma interessante contribuição à época.

A tabela possui linhas e colunas. Na coluna 1 a ordem é quase idêntica a de reatividade do ácido sulfúrico frente às principais bases, quando em solução e quando à seco. Na coluna 48, a reatividade do óxido de mercúrio em solução difere radicalmente da reatividade a seco a altas temperaturas, com o aquecimento, o óxido de mercúrio sofre decomposição com liberação de mercúrio metálico, e a ordem das afinidades que está sendo determinada é na realidade a ordem de reação do mercúrio com os metais citados. As tabelas de afinidades foram bem vistas pelos químicos, como uma tentativa de racionalizar a ocorrência de determinadas reações (MAAR, 2008).

Bergman considerou que todas as reações químicas estavam completas e se deslocavam em apenas um sentido e estava ciente de outros fatores que afetam as reações químicas, entre eles a possibilidade de formação de gases, a temperatura, a diferença solubilidade de substâncias ou a influência da massa das substâncias. Entretanto, Bergman não acreditava que qualquer influência que não o calor poderia mascarar as forças das afinidades. No final do século XVIII, o conceito de afinidade se consolidou como um coerente sistema ao tentar explicar as reações químicas. Supunha-se que a afinidade era uma propriedade constante das substâncias e que se manifestava de forma eletiva (QUILEZ, 2004).

A partir de 1800 houve mudanças em relação ao conceito de afinidade, relacionado com a interpretação newtoniana. A obtenção de KNO_3 (designação atual) puro exigia algumas recristalizações e Berthollet levou em conta que, como a

concentração de nitrato aumentava na solução, reduzia-se a sua capacidade para dissolver uma nova quantidade de nitrato. Ele interpretou este fato afirmando que a afinidade responsável no processo de dissolução não era uma força absoluta, portanto não seria um equilíbrio, ou seja, houve uma mudança forçosa devido à composição dos compostos químicos e uma revisão dos conceitos de reação química (HOLMES, 1962).

Berthollet aderiu ao conceito newtoniano de força, para quem a afinidade química era uma espécie de força gravitacional, a força de afinidade deveria ser proporcional à massa do reagente, desta maneira uma reação de deslocamento nunca era completa, havia um estado de equilíbrio entre forças de afinidades opostas. O nível destas forças, portanto, depende de dois fatores: a diferença nas suas afinidades relativas e a proporção quantitativa. O estado de equilíbrio era conseguido de um modo análogo como na mecânica estática. Além disso, a extensão de uma reação química era determinada pelo estado físico dos reagentes, porque eles podiam afetar o grau das afinidades. Muitas reações ocorriam em solução, por isso, se um produto é sólido, insolúvel ou um gás, não podia exercer a sua afinidade em solução, sua massa ativa diminuía (QUILEZ, 2004).

A justificativa principal para isto foi atribuída à tendência entre duas diferentes substâncias para formar uma nova combinação, exercida de acordo tanto pela sua afinidade relativa quanto por seus valores proporcionais, permitindo a explicação de reações incompletas, bem como o fato de que tanto a reação direta (permitida na base da armação teórica de afinidades eletivas) como uma inversa (proibido na mesma base) poderiam ocorrer. O sentido no qual uma reação tinha lugar foi determinado pela proporção quantitativa dos produtos químicos envolvidos na reação (QUILEZ, 2004).

A concepção de afinidade de Berthollet indicava que afinidade é uma manifestação da atração universal. Para ele todas as partículas exerciam uma atração em relação a todas as outras, tendendo a uni-las em combinação química. Assim, combinações entre as partículas em proporção variável era provável. Esta afirmação confrontou com a teoria atômica de Dalton, que estabeleceu o princípio de proporções definidas como base teórica adequada. (QUILEZ, 2004).

No início da segunda metade do século XIX a nova teoria tinha um suporte matemático e permitiu a quantificação das afinidades químicas. A primeira formulação matemática de Equilíbrio Químico foi o trabalho de Guldberg e Waage (QUILEZ, 2004).

Em 1862, se deu uma nova abordagem experimental ao estudo das reações de dissolução. O pensamento vigente era de que as reações entre ácidos, bases e sais não eram apropriadas ao estudo de Equilíbrio Químico, porque elas eram tão rápidas que qualquer técnica analítica não alcançava o equilíbrio. Começaram os estudos de esterificação, assim as quantidades de cada produto químico em equilíbrio puderam ser medidas (QUILEZ, 2004).

Guldberg e Waage tentaram encontrar uma equação matemática geral que representasse os dados experimentais, para encontrar uma teoria que poderia conciliar as ideias anteriores de Bergman e de Berthollet ou que iria superá-las. Seu primeiro trabalho de 1864, foi centrado nas forças químicas, buscando o desenvolvimento de uma teoria matemática de afinidade química para um processo simples ($A \leftrightarrow B + C$). Ao contrário de Berthollet, Guldberg e Waage, assumiram que as forças químicas não eram proporcionais às quantidades das substâncias envolvidas na reação, mas sim às concentrações. Discutiram e apresentaram representações como: $P + Q \leftrightarrow P' + Q'$. O princípio utilizado iniciava-se com o sistema geral, que contém as quatro substâncias e têm-se as quantidades dessas substâncias, reduzidas para o mesmo volume. Quando o estado de equilíbrio ocorre, uma certa quantidade x , das duas primeiras substâncias, será transformada. Os valores de P , Q , P' , e Q' que se mantêm mutuamente em equilíbrio será, conseqüentemente, $p - x$, $q - x$, $p' + x$, e $q' + x$, respectivamente (QUILEZ, 2004).

Conforme a lei da ação das massas, a força de ação para as duas primeiras substâncias é $\alpha (p - x)^a (q - x)^b$ e que, para os dois últimos é $\alpha' (p' + x)^{a'} (q' + x)^{b'}$. Onde α e α' são constantes de proporção e a e b expoentes, todos a serem determinado pela experiência.

No equilíbrio a seguinte igualdade deve ser aplicada:

$$\alpha (p - x)^a (q - x)^b = \alpha' (p' + x)^{a'} (q' + x)^{b'}$$

Na aplicação desta abordagem para o equilíbrio:



Foram obtidos os seguintes resultados:

$$a = 1, b = 0,786; a' = 0,846; b' = 0,807; \alpha / \alpha' = 0,502.$$

A equação acima foi de fato a primeira equação que se aproximou da expressão matemática que chamamos hoje de constante de equilíbrio (QUILEZ, 2004).

A primeira equação obtida por Guldberg e Waage representou um ponto de partida promissor na procura de uma determinação quantitativa de afinidades químicas. A consideração das concentrações das substâncias envolvidas no sistema de equilíbrio,

em vez de seus valores em massa, foi um fator-chave que representou a evolução da química no conceito de equilíbrio. Inicialmente, apenas um pequeno número de aplicações da lei foram encontrados, e, segundo Guldberg e Waage, os químicos estavam preocupados com a busca de novos compostos neste período, e a separação entre a química e a física não contribuiu para o desenvolvimento destas primeiras ideias (QUILEZ, 2004).

De acordo com historiadores da Química, como Frederick Holmes, couberam diversas interpretações para a teoria da afinidade (MAAR, 2008):

- a) Para Guédon (1976) a tabela introduziu uma ruptura radical na Química, que de uma ciência dos materiais se converteu numa “ciência das reações”.
- b) Para Partington (1962) e outros historiadores as tabelas são uma maneira disfarçada de introduzir a teoria da matéria de Newton na Química.
- c) U. Klein (1994) pretende demonstrar que todas as transformações sugeridas na tabela de Geoffroy correspondem a reações executadas de fato por farmacêuticos, metalurgistas e outros profissionais no século XVII, e que a nova visão de reação química de Geoffroy difere radicalmente daquela do século anterior.
- d) Finalmente o próprio Holmes sugere uma transição gradativa entre a velha e a nova visão de reação química, e não propriamente uma ruptura (MAR, 2008, p. 452).

Para Duncan, as tabelas de afinidade tinham a função de ordem e classificação, introduziam ordem nos fatos da Química, eram dotadas de certa capacidade dedutiva, respondiam a necessidade da época (MAAR, 2008).

Segundo Bensaude-Vicent e Stengers (1996):

A afinidade não é então mais do que um facto e entre outros na reação, que não tem já uma direção natural, mas uma direção dependente de um conjunto de condições. O resultado normal duma reação é um equilíbrio, onde a concentração relativa dos reagentes e dos produtos da reação é função deste conjunto de condições (donde o título *La Statique chimique*). A única singularidade da afinidade é a força de atracção: ela não pode ser diretamente manipulada pelo químico. (BENSAUDE-VICENT e STENGERS, 1996, p. 108).

O conceito de Equilíbrio Químico, ao ser relacionado inicialmente com o conceito de afinidade, necessita do conceito de dinâmica para um enriquecimento. Assim passamos a discuti-lo a seguir.

2.4.2. DINÂMICA: ENRIQUECIMENTO DO CONCEITO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO

O químico alemão August Friedrich Horstmann aplicou o conceito termodinâmico de trocas e conservação de energia (Primeira Lei da Termodinâmica, 1847) a fenômenos de dissociação de sistemas em equilíbrio, demonstrando que o processo de equilíbrio seguia as mesmas regras desenvolvidas por Clausius aplicadas à vaporização de um líquido (VERZOTO, 2008).

Baseando-se na Lei da Conservação de Energia, Clausius em 1850 criou o conceito de entropia e enunciou a Segunda Lei da Termodinâmica junto com o físico matemático irlandês William Thomson (Lord Kelvin): *Quando 2 corpos, apresentando temperaturas diferentes são colocados em contato, ocorre transferência de calor de um corpo mais quente para um mais frio, e nunca no sentido oposto, a menos que exteriormente comandado, apontando uma perda de calor para o meio chamado entropia* (Leicester, 1956). O termo entropia tem origem do grego *εντροπία* que significa mudança, sugerindo um desperdício de energia que, de outro modo, poderia ter sido utilizada (VERZOTO, 2008, p. 73).

Antes deles, em 1840, o químico holandês Germain Henri Hess estudou as características do calor envolvido nas reações químicas, afirmando que em uma reação química que ocorre em etapas intermediárias, os calores envolvidos dependiam apenas do estado inicial e final, caso especial da lei da conservação de energia (primeira Lei da Termodinâmica) enunciada por Julius Robert von Mayer, físico alemão, dois anos mais tarde. Baseado nesses estudos, entre 1882 a 1886, o francês Pierre Eugène Marcellin Berthelot e o dinamarquês Hans Peter Jörgen Julius Thomsen, utilizando um calorímetro elaborado por Berthelot, determinaram o calor de combustão de diversos compostos e concluíram que esse calor era uma medida quantitativa da afinidade das substâncias. Por essa razão, três princípios termoquímicos fundamentais foram propostos (VERZOTO, 2008):

- 1) *O princípio dos trabalhos moleculares*: A quantidade do calor liberado em qualquer reação é a soma dos trabalhos químicos e físicos realizados nesta reação.
- 2) *O princípio do estado inicial e final*: A quantidade de calor absorvido ou liberado num sistema depende somente de seu estado inicial e final.
- 3) *O princípio termoquímico de trabalho máximo*: Todos os sistemas químicos ocorridos sem intervenção de energia externa, tendem a

produção de substâncias cujas reações liberam mais calor, ou seja, o processo químico é espontâneo somente quando há liberação de calor do sistema (VERZOTO, 2008, p. 74).

Mas em 1889 Nernst, Berthelot e Thomsen admitiram que, a baixas temperaturas, as combinações químicas com liberação de calor têm tendência a ocorrer mais facilmente, sendo que em temperaturas elevadas ocorrem preferivelmente as que envolvem absorção de calor (VERZOTO, 2008).

A primeira ideia sistemática sobre o tempo em reações químicas foi formulada por Wenzel. Em 1777 ele publicou a Teoria das afinidades das substâncias, em que descreveu algumas medições das taxas de dissolução de metais em ácidos, com o objetivo de estimar afinidades químicas, concluindo que a afinidade de substâncias a um solvente comum era inversa ao tempo de dissolução (QUÍLEZ, 2004).

O nascimento da cinética química é muitas vezes considerado como tendo ocorrido em 1850, quando o Químico alemão Wilhelmy estudou quantitativamente a taxa de inversão da sacarose (LAIDLER, 1995, *apud*. QUÍLEZ 2004). Outros cientistas, tais como Williamson, Berthelot e Saint Gilles (estudos sobre os efeitos de concentração na velocidade de formação de ésteres por ação de ácidos em álcoois, estudos termoquímicos e afinidades), Guldberg e Waage (lei de ação das massas), e Hartcutt (estudos sobre mecanismos de reação), desenvolveram novos estudos quantitativos, dos fatores dos quais dependia a taxa de reação (PARTINGTON, 1970).

Berthelot aparentemente foi o primeiro químico a utilizar as palavras *endothermique* (*endotérmico*) para indicar absorção de calor e *exothermique* (*exotérmico*) para liberação de calor. Percebiam-se no meio do século XIX estreitas relações que vinculavam as afinidades das substâncias à quantidade de calor liberado pelas reações. Por outro lado, Van't Hoff tinha estabelecido que a constante de equilíbrio variava com a temperatura. Todos esses conhecimentos contribuíram para o desenvolvimento matemático da cinética química e constituíram um marco importante no desenvolvimento dos conceitos de Equilíbrio Químico. Para os químicos tornou-se clara a ação da massa como um fator importante no resultado das reações químicas (VERZOTO, 2008).

Em 1850, Williamson (1851-1854), estudando as reações de esterificação, foi o primeiro cientista a propor um modelo submicroscópico a fim de explicar a estática do estado de Equilíbrio Químico. Ele não considerou esse equilíbrio como uma situação em que nada acontece e sim presumiu que as duas reações ocorreriam simultaneamente,

sendo que os reagentes bem como produtos são constantemente formados e decompostos de forma que a quantidade de todas as substâncias envolvidas permanece constante. Esta dinâmica de equilíbrio foi conseguida assumindo uma intermutabilidade dos átomos, iguais em número absoluto em cada momento do tempo, a ter lugar na direção oposta. A velocidade relativa de transferência de átomos análogas em cada uma das duas direções não foi a mesma, pois era maior para as substâncias cuja quantidade era menor (QUILEZ, 2004).

Em 1857, Clausius explicou que um sistema químico atinge o estado de equilíbrio quando não apresenta nenhuma possível variação energética que conduza a mudança de entropia. Isso implicava em entropia máxima e um valor mínimo do potencial químico com tendência a zero (VERZOTO, 2008).

Uma nova tentativa de explicar as alterações moleculares que ocorriam em um estado de equilíbrio pode ser atribuída a Pfaundler, em 1867; ele escreveu um artigo que tratava de uma reação química sobre a teoria cinética desenvolvida por Clausius e Maxwell, que mais tarde, em 1879, propiciaram o trabalho de Guldberg e Waage.

Guldberg e Waage observaram que as constantes cinéticas dependiam da temperatura; mais tarde Van't Hoff abordou este fato generalizando a equação de Clapeyron para aplicação a todos os sistemas químicos em equilíbrio que envolvia presença de gases. Admitiu que a constante de equilíbrio variava com a temperatura (VERZOTO, 2008).

No meio do século XIX a termodinâmica foi impulsionada levando em conta as ideias de Clausius sobre a natureza do calor. Alguns autores tentaram explicar tanto os processos físicos como os químicos em termos de cinética molecular. Em 1857, Clausius publicou um artigo no qual explicou parcialmente a evaporação de líquidos. Para ele, em sistemas fechados, somente as moléculas com elevada energia cinética seriam capazes de ultrapassar as forças de coesão no líquido (QUILEZ, 2004).

Assim, um espaço previamente evacuado acima do líquido seria preenchido com um aumento do número de moléculas, que se comportavam como um gás, que colide com as paredes do recipiente, assim como com a superfície da fase líquida. Portanto, algumas moléculas a partir do gás seriam captadas em sua colisão com a superfície do líquido. Finalmente, a pressão do vapor permanece constante, o que foi assumido como um equilíbrio dinâmico porque implicava um estado em que tanto a evaporação quanto a condensação ocorriam simultaneamente, trocando igual número de moléculas (QUILEZ, 2004).

Pfaundler aplicou essas ideias físicas anteriores para desenvolver uma teoria da dissociação química. Para ele, nem todas as moléculas estavam no mesmo estado de movimento a uma determinada temperatura. Por isso, apenas uma pequena quantidade de colisões eram eficazes para produzir a reação química tanto na decomposição quanto nos sentidos de formação. Esta proposição passa a descrever o Equilíbrio Químico do ponto de vista molecular (QUILEZ, 2004).

Em 1876, o químico americano Josiah Willard Gibbs, em comparação aos trabalhos de Van't Hoff, observou que o deslocamento das reações químicas em equilíbrio decorrente de fatores externos era uma consequência das leis da termodinâmica. Para qualquer reação química espontânea, a entropia deve aumentar. Gibbs mostrou que em qualquer reação química a uma dada temperatura, existe uma relação simples entre a variação da entalpia com a de entropia, estabelecendo assim uma terceira grandeza chamada de *potencial químico*. Ele demonstrou que as concentrações dos reagentes e produtos em equilíbrio estavam relacionadas com a temperatura e aos valores energéticos do sistema.

Em 1923, Gilbert Newton Lewis, substituiu o termo *potencial químico* por *energia de Gibbs* em homenagem à Gibbs, sugerindo que a energia livre foi definida como trabalho útil disponível e, quando este se torna máximo, a temperatura constante, representa um decréscimo na energia livre do sistema podendo ser interpretado como uma medida da afinidade entre as substâncias envolvidas (VERZOTO, 2008).

Ostwald foi um dos pioneiros da Físico-Química e estudou a influência de catalisadores no aumento da velocidade das reações químicas. Em 1893, ele provou a ação catalítica das enzimas presentes em organismos vivos (animais e vegetais) e em 1902 desenvolveu o processo chamado Ostwald-Brauer para a produção de ácido nítrico a partir da oxidação de amônia usando platina finamente dividida como catalisador. Com base em estudos das constantes de afinidades de ácidos e bases e das velocidades das reações, Ostwald defendeu a teoria da dissociação eletrolítica, demonstrando que os ácidos e bases fracos têm ionização incompleta em solução aquosa. Com isso, concluiu que os efeitos dessas substâncias na determinação da velocidade das reações eram diretamente proporcionais à concentração de íons H^+ ou OH^- (VERZOTO, 2008).

Em 1889, Arrhenius concluiu que em uma reação em equilíbrio existiam moléculas ativas, que apenas as moléculas que possuíam a energia de ativação eram capazes de reagir. Buscando cálculos mais precisos sobre as leis da Termodinâmica, Lewis, em 1907, introduziu o conceito de fugacidade, uma grandeza termodinâmica

medida em unidades de pressão, que se relaciona com o potencial químico de uma substância. Esse conceito expressa a capacidade de fuga de uma determinada substância de uma fase à outra. Para Lewis, o sistema atingia condição de equilíbrio quando a fugacidade de uma substância era constante (VERZOTO, 2008).

Este relato indica que a construção do conhecimento sobre equilíbrio químico trilhou, historicamente, um longo caminho que representou grandes contribuições relacionadas com o fenômeno das transformações químicas. A partir dos trabalhos de Gilbert Lewis, até os dias atuais, inúmeros estudos ofereceram contribuição significativa à nossa atual concepção de cinética química e termodinâmica e, neste período foram descritas interpretações mais complexas do conceito de equilíbrio químico, principalmente com o desenvolvimento da termodinâmica (VERZOTO, 2008, p. 79).

O princípio do equilíbrio móvel, no qual “todo sistema químico em equilíbrio, a um volume constante, uma elevação de temperatura favorece a reação da absorção de calor”, elaborado por Van’t Hoff em 1884 foi base para os estudos de Henri Louis Le Chatelier. Verzoto (2008), citando Leclerc (1922) afirma que Le Chatelier,

[...] em sua obra intitulada *Sur un Énoncé Général des Lois des Équilibres Chimiques* alguns efeitos observados por Van’t Hoff quando um sistema químico em equilíbrio sofre alguma alteração, devido a fatores externos (Leclerc, 1922):

- 1) Compreende-se, por demonstração experimental que, se numa reação química resultar um aumento de volume dos corpos, um aumento de pressão do sistema pode, até certo ponto, equilibrar a ação química, opondo-se a este aumento de volume.
- 2) Quando se aquece um sistema químico em equilíbrio, a volume constante, resultará um deslocamento da reação no sentido da absorção de calor no sistema (VERZOTO, 2008, p. 75).

Le Chatelier, em 1888, generalizou as observações realizadas por Van’t Hoff em 1884, nos termos: *Qualquer sistema em equilíbrio químico, devido à variação de um de seus fatores, resulta uma transformação num sentido tal que, se produz um único, conduzindo a uma variação de sinal anulando o fator considerado [...]* Esta generalização é atualmente conhecida como princípio de Le Chatelier (VERZOTO, 2008, p. 75). Entretanto, esta generalização não ocorreu facilmente e seu desenvolvimento será apresentado ao longo do próximo tópico.

2.4.3. PRINCÍPIO DE LE CHATELIER E O PROCESSO HABER-BOSCH

Escolheu-se o princípio de Le Chatelier como base para esta contextualização histórica devido ao seu grande uso para sistemas em equilíbrio e por ser tema recorrente em todos os livros didáticos. Esta foi realizada por meio do artigo de Quílez-Pardo e Solaz-Portolés, de 1995.

Do ponto de vista prático e didático, é importante conhecer a evolução nos conceitos de sistemas físicos e químicos devido ao seu caráter abstrato, com inacessibilidade de visualização. Um dos princípios que mais influenciaram o estabelecimento das regras termodinâmicas e que sustentaram os estudos de Le Chatelier foi o princípio da eletrodinâmica formulado por H. F. Lenz em 1833: “Quando uma força que atua sobre uma corrente elétrica primária induz uma corrente secundária, a direção desta corrente secundária é tal que sua ação eletrodinâmica se opõe a força atuante” (QUÍLEZ-PARDO e SOLAZ-PORTOLÉS, 1995, p.123).

O princípio de Le Chatelier foi de grande importância no contexto da sistematização dos conceitos relacionados ao Equilíbrio Químico. Em 1884, Le Chatelier formulou o princípio que leva seu nome:

“Todo sistema em equilíbrio químico estável apresentado a influência de uma causa exterior que tende a variar sua temperatura ou sua condensação (pressão, concentração, número de moléculas por unidade de volume) em sua totalidade ou somente em alguma de suas partes só pode experimentar uma das modificações interiores que ocorrer por si só, levando a uma mudança na temperatura ou condensação de sinal oposto ao que resulta da causa externa” (LE CHATELIER, *apud*. QUÍLEZ-PARDO e SOLAZ-PORTOLÉS, 1995, p.123).

Segundo os autores, Le Chatelier baseou-se em trabalhos anteriores como o de J. H. van't Hoff (1884), que havia estudado a evolução dos sistemas em equilíbrio devido a uma mudança de temperatura, enunciando a seguinte lei (equilíbrio móvel):

“Todo equilíbrio entre duas condições diferentes de matéria (sistemas) é deslocado por um decréscimo na temperatura, a volume constante, no sentido da formação do sistema que se produz calor” (LE CHATELIER, *apud*. QUÍLEZ-PARDO e SOLAZ-PORTOLÉS, 1995, p.124).

Le Chatelier acreditava que a lei de van't Hoff poderia ser generalizada ampliando seu campo de validade a outras situações. Estenderam as considerações feitas por van't Hoff para a temperatura a outras duas variáveis intensivas: a pressão e concentração. Outra referência utilizada por Le Chatelier está ligada ao trabalho de G. Lippmann (1881 indicando a reciprocidade entre fenômenos elétricos). Para Lippmann, “*a força eletromotriz se transforma reversivelmente em forças magnética, mecânica, etc.*” (QUILEZ-PARDO e SOLAZ-PORTOLÉS, 1995, p.124). Lippmann propôs uma regra simples que definiu a direção em que os fenômenos ocorrem afirmando que o fenômeno recíproco tende a opor-se à produção do fenômeno inicial.

Le Chatelier comparou os fenômenos químicos reversíveis aos fenômenos recíprocos recentemente descritos por G. Lippmann, formulando seu princípio de uma forma indutiva. Assim, em seu trabalho, tenta demonstrar a validade e generalidade com base na explicação de uma série de fenômenos que eram conhecidos. Nos exemplos utilizados estende a aplicabilidade de sua formulação às transformações físicas tais como “fusão, vaporização, dissolução ou transformações dimórficas” (QUILEZ-PARDO e SOLAZ-PORTOLÉS, 1995, p.124), reunindo sob uma mesma teoria fenômenos físicos e químicos como casos particulares de uma mesma lei geral.

As contribuições de Braun (1887) para os efeitos de mudanças nas variáveis sobre sistemas termodinâmicos fizeram Le Chatelier (1888) reformular seu princípio de uma maneira generalizada:

“Todo sistema em equilíbrio experimenta, devido a variação de apenas um dos fatores do equilíbrio, uma variação em um sentido tal que, se ocorresse isoladamente, levaria a uma variação de sentido contrário ao fator considerado” (LE CHATELIER, *apud.* QUILEZ-PARDO e SOLAZ-PORTOLÉS, 1995, p. 125).

Este enunciado submete a análise de um sistema em equilíbrio a vários fatores: temperatura, força eletromotriz, pressão e condensação. Le Chatelier submete os fenômenos químicos em uma base semelhante aos usados na Física, sustentando seu estudo nas leis da mecânica, com base no comportamento análogo de sistemas químicos e mecânicos. Para ele, quando os sistemas em situação de equilíbrio são perturbados, ambos se movem até chegar a uma nova posição de equilíbrio estável.

Le Chatelier, em 1888, faz analogias com a cinemática e a dinâmica para o comportamento de sistemas em Equilíbrio Químico, fornecendo uma justificativa teórica para a sua oposição ao princípio da temperatura e indicando que os casos de

pressão e da força eletromotriz seriam manifestações semelhantes (QUILEZ-PARDO e SOLAZ-PORTOLÉS, 1995, p. 125).

Em 1908, Le Chatelier publicou um livro e no capítulo sobre as leis de química mecânica ele apresenta uma nova formulação teórica sobre a direção do movimento dos sistemas em Equilíbrio Químico por variação, em cada caso, da temperatura, da pressão e da força eletromotriz, indicando os resultados obtidos a partir de cada uma das formulações matemáticas para todos os casos:

A alteração de qualquer das condições que podem influenciar o estado de equilíbrio químico do sistema, faz com que uma reação num sentido tal que tende a produzir uma variação na direção oposta à da condição externa modificada (LE CHATELIER, *apud.* QUILEZ-PARDO e SOLAZ-PORTOLÉS, 1995, p. 126).

Na continuação explica:

Um aumento da temperatura provoca uma reação que tende a produzir uma queda de temperatura, isto é, uma reação com a absorção de calor. Um aumento na pressão provoca uma reação que tende a causar uma diminuição da pressão, isto é, uma reação com a diminuição do volume. (LE CHATELIER, *apud.* QUILEZ-PARDO e SOLAZ-PORTOLÉS, 1995, p. 126).

Posteriormente generaliza a lei para suas ações em função da variação da massa sem dar qualquer justificação teórica:

O aumento em um sistema de massa homogênea de uma das substâncias em equilíbrio provoca uma reação que tende a diminuir a massa do mesmo (LE CHATELIER, *apud.* QUILEZ-PARDO e SOLAZ-PORTOLÉS, 1995, p. 126).

Os conceitos apresentados nos livros didáticos apresentam grandes limitações, pois se baseiam nas formulações mais simplificadas e gerais de Le Chatelier, sobre as quais o próprio pesquisador realizou anos mais tarde outras correções. Segundo Canzian e Maximiano (2010),

Tudo isso pode transmitir ao aluno a ideia de que se trata de um princípio infalível ou uma verdade absoluta. Pode levar ao aluno a ideia errada que a evolução de um sistema em equilíbrio ou até mesmo o estado de equilíbrio em si é regido por um princípio que traduzira uma relação fundamental da natureza em vez de ter a clara percepção de que se trata de uma generalização a partir de observações empíricas

que deve ser utilizada de maneira criteriosa. Esse tratamento superficial do Princípio de Le Chatelier como uma regra simples, universal e de caráter algorítmico favorece processos de ensino-aprendizagem baseados na memorização, repetição e na utilização mecânica (não significativa) do princípio sem compreensão dos conceitos envolvidos. O fato de não se provocar pensamentos contraditórios e uma discussão criteriosa pode ocasionar dificuldades e erros conceituais dos diversos conceitos químicos pelos estudantes. (CANZIAN e MAXIMIANO, 2010, p. 117).

Os professores devem compreender as limitações do uso do princípio. Como relata Canzian (2011) um exemplo clássico da limitação do emprego de princípio é o da produção de gás amônia $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$. Considerando gases ideais se aplicarmos diretamente o princípio, ao adicionarmos mais gás nitrogênio à mistura gasosa a alteração que ocorreria seria a formação de mais amônia, em que o sistema deveria consumir nitrogênio produzindo mais amônia, com a finalidade de *"promover uma modificação de condensação (concentração) de sinal contrário àquela resultante da ação exterior"*.

Mas esta afirmação só é verdadeira à Temperatura e Volume constantes.

Se, por outro lado, a adição for feita a temperatura e pressão total constantes, a adição de certa quantidade de gás nitrogênio promove o aumento da pressão parcial deste gás, que deve ser instantaneamente acompanhada por um aumento do volume do sistema, caso contrário, a pressão total não permanecerá constante (conforme prevê a lei das pressões parciais de Dalton).

Neste caso, não é possível prever se, como resposta à perturbação, haverá formação de reagentes ou produtos através de uma simples análise qualitativa baseada na aplicação direta do princípio de Le Chatelier, pois, o aumento da pressão parcial do gás N_2 (reagente) é acompanhado pela diminuição das pressões parciais de gás H_2 (reagente) e de gás NH_3 (produto). Se, por outro lado, raciocinarmos em termos de concentrações (propriedade literalmente expressa na primeira formulação do princípio), concluiríamos que o aumento do volume também provoca, ao mesmo tempo, a diminuição das concentrações de gás H_2 (reagente) e de gás NH_3 (produto) (CANZIAN, 2011, p. 23-24).

O princípio em si, na forma como é apresentado nas diferentes formulações anteriormente citadas, não permite prever o comportamento desse sistema frente à alteração a que foi submetido (CANZIAN, 2011). É preciso enfatizar todos os fatores que alteram um sistema em equilíbrio, como sugerem Canzian e Maximiano (2010), utilizando mais extensivamente a equação da constante de equilíbrio na resolução de problemas dessa natureza.

Assim, esse princípio poderia ser colocado em seu devido lugar – uma regra qualitativa prática e de valor preditivo limitado – e se evitaria, assim, a redução do fenômeno equilíbrio químico à mera aplicação desse princípio (CANZIAN e MAXIMIANO, 2010, p. 118).

Estas questões apresentam implicações diretas para o ensino do conceito de Equilíbrio Químico como as que serão expostas a seguir. Mas e esta reação de síntese da amônia, como foi realizada, de onde veio e como se aplicam os princípios de Equilíbrio Químico na sua produção?

A seguir são relatados alguns pontos da história envolvida no processo Haber-Bosch com base nos trabalhos de Campos e Gouveia (SD) (trabalho realizado com base no artigo do livro: *Angewandte Books Chemie* de 2005 que trata da história da evolução do conhecimento científico, elaborado por meio do livro de Dietrich Stoltzenberg Press em 2004) e no trabalho de Araújo e Baldinato, de 2015 (baseado na palestra original de recebimento do Nobel para Haber). Segundo Araújo e Baldinato (2015):

A palestra transcrita reúne diversos aspectos históricos, metodológicos, conceituais e, de algum modo, didáticos, que podem contribuir com o ensino por apresentarem o conhecimento científico como uma construção humana, histórica e contextual. Essa leitura vai ao encontro dos objetivos educacionais traçados tanto nos Parâmetros Curriculares Nacionais dirigidos ao ensino de ciências em nível médio quanto das diretrizes para a formação de professores de química (ARAÚJO e BALDINATO, 2015, p. 116).

A síntese da amônia é um processo relevante para a sociedade devido a sua extensa gama de produtos, como: fertilizantes, detergentes, xampus, medicamentos, explosivos, germicidas, combustível para foguetes, pigmentos fotográficos, ácido nítrico e náilon (ARAÚJO e BALDINATO, 2015).

Se pensarmos na equação química que descreve a síntese da amônia, deparamo-nos com um fenômeno de aparência enganosamente simples, no qual duas substâncias simples interagem na formação de um produto composto. Contudo, por trás dessa equação se esconde uma enorme complexidade de condições necessárias para que o processo ocorra com rendimento apreciável. Alta pressão e temperatura, constantes de equilíbrio, entalpias de formação e catalisadores específicos são muitas vezes ignorados, bem como a importância econômica do processo (ARAÚJO e BALDINATO, 2015, p. 95).

Fritz Haber nasceu 1869, na Alemanha, na mesma época de Planck (constante de Planck), Bunsen (bico de Bunsen e espectrometria) e Kekulé (anel benzênico), em uma época em que a industrialização era crescente e o conhecimento técnico e científico era essencial. Haber nasceu em uma família judaica, foi chamado de Fritz Jacob, mas depois mudou seu nome para Fritz, para evidenciar sua identificação como alemão. Seu pai era um rico comerciante de importação de corantes naturais e produtos farmacêuticos. Sua mãe morreu após o seu nascimento, e seu pai casou-se novamente e teve mais três filhas.

Seu tio o influenciou na Química, através de experimentos realizados em sua casa. Estudou em uma escola de Literatura e Filosofia, na universidade cursou Química e Física, frequentou as aulas de Bunsen, fez serviço militar e realizou seu Doutorado em Química Orgânica. Trabalhou em várias indústrias, destilaria, fertilizantes e em uma indústria têxtil. Entretanto, ele percebeu que sua formação era deficiente em tecnologia, que era necessária no país. Foi para a Escola Politécnica de Zurich, estudar tecnologia química, posteriormente foi para a Universidade de Jena e depois para Karlsruhe, ficando por lá 17 anos, tornando-se um dos maiores físico-químicos de sua época. O grande feito de Haber foi a síntese da amônia (NH_3) a partir do nitrogênio (N_2) e do hidrogênio (H_2) (CAMPOS e GOUVEIA, SD).

Junto com a revolução industrial, ocorreu um aumento de população e a produção de alimentos se tornava crítica, o uso de fertilizantes tornava-se necessário cada vez mais, especialmente na Alemanha, com uma população numerosa, daí a necessidade de pesquisas e tecnologias para novos métodos de fixação de nitrogênio.

O suprimento de nitrogênio é uma necessidade básica para o aumento das safras de alimentos, as plantas não são capazes de absorver o nitrogênio em sua forma de substância simples, constituinte da atmosfera, elas precisam que o nitrogênio seja combinado com oxigênio, sob a forma de nitrato, para poderem assimilá-lo. Essa ligação com oxigênio pode começar pela combinação com hidrogênio, formando amônia, já que no solo o nitrogênio da amônia se converte em nitrogênio de salitre (ARAÚJO e BALDINATO, 2015).

Fritz Haber em sua premiação do Nobel, explicou que:

Em condições naturais, o solo não perde o nitrogênio que tem fixado. Plantas verdes o utilizam para sintetizar substâncias complicadas sem convertê-lo em nitrogênio elementar. Animais e humanos ingerem este nitrogênio com as plantas e o devolvem ao solo, na forma fixada,

em suas excreções e, ao final, com seus restos mortais. A combustão e a putrefação destroem certa quantidade de nitrogênio fixado, mas a Natureza compensa as perdas quando, durante as tempestades, raios combinam nitrogênio e oxigênio nas camadas altas da atmosfera, que são então trazidos para baixo pela chuva. A este processo de fixação de nitrogênio por descarga elétrica como uma fonte de nitrogênio ligado, acrescenta-se a atividade de bactérias no solo, algumas das quais vivem livres enquanto outras são encontradas nos nódulos das raízes de muitas plantas, convertendo nitrogênio livre em nitrogênio ligado (ARAÚJO e BALDINATO, 2015, p. 99).

A produção agrícola realiza os plantios e colheitas, fazendo com que o nitrogênio ligado não retorne à terra da qual foi retirado. Isso gera a necessidade de abastecer o solo com nitrogênio ligado. A síntese da amônia a partir do nitrogênio e do hidrogênio surgiu como uma alternativa, devido a suas matérias-primas serem disponíveis: o hidrogênio produzido a partir da água e o nitrogênio por meio da extração do ar, pela liquefação.

Em setembro de 1898, William Crookes já previa que iriam faltar fertilizantes. Haber não foi o primeiro pesquisador a tentar a síntese da amônia a partir do nitrogênio e do hidrogênio. Assim,

Este contexto fez pesquisadores como Ostwald (1853-1932), Nernst (1864-1941), Le Chatelier (1850-1936) e Haber direcionarem esforços para realização de pesquisas sobre fixação de nitrogênio (ARAÚJO e BALDINATO, 2015, p. 96).

Entretanto, Ostwald e Le Chatelier já haviam decidido parar a pesquisa devido a morte de um colega por trabalhar em altas pressões (Angewandte Books Chemie, 2005). Em 1914 iniciou-se a Primeira Guerra Mundial e devido à capacidade da Alemanha de produzir sua própria amônia, o bloqueio imposto pela Inglaterra, que dominava os mares, não causou sua derrota, a amônia também servia para fabricar nitratos, utilizados em explosivos (CAMPOS e GOUVEIA, SD).

Fritz Haber recebeu o prêmio Nobel em 2 de junho de 1920. Quando a lista de ganhadores foi divulgada, muitos cientistas não foram à premiação por considerar Haber como um criminoso de guerra, por ter colaborado com um avanço tecnológico para a construção de explosivos, utilizados na guerra. Entretanto, iniciou sua palestra de recebimento do Nobel dizendo:

A Academia Sueca de Ciências julgou apropriado honrar o método de produção da amônia a partir de nitrogênio e hidrogênio com a

concessão do Prêmio Nobel. Esta ilustre distinção me impõe a obrigação de explicar a posição ocupada por essa reação dentre os temas da química como um todo, e delinear o caminho que levou a ela (ARAÚJO e BALDINATO, 2015, p. 97).

Haber trabalhou com seu assistente Robert le Rossignol (1884-1976) e estudaram em laboratório uma reação viável para síntese de amônia a partir dos gases hidrogênio e nitrogênio (ARAÚJO e BALDINATO, 2015). Na premiação do Nobel Haber atribui seu interesse nesta pesquisa, com a seguinte fala:

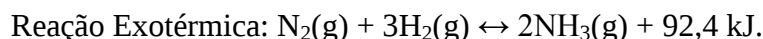
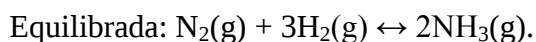
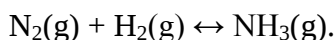
Um interesse estritamente profissional pela preparação da amônia a partir das substâncias simples se baseou na conquista de um resultado simplório, obtido com equipamento especial. Um interesse mais amplo se devia ao fato de que a síntese de amônia a partir dos seus componentes na forma simples, se conduzida em larga escala, seria uma forma útil, talvez a mais útil no presente, de satisfazer importantes necessidades econômicas nacionais. Estas aplicações práticas não eram o motivo principal das minhas investigações. Eu nunca duvidei que meu trabalho de laboratório traria, no máximo, uma confirmação científica de princípios básicos e um padrão de recursos experimentais, e que muito precisaria ser acrescentado a qualquer êxito meu para assegurar sucesso econômico em escala industrial. Por outro lado, eu dificilmente me concentraria tanto neste problema se não estivesse convencido da necessidade econômica de progresso químico neste campo, ou se não partilhasse plenamente da convicção de Fichte, de que embora o propósito imediato da ciência repouse em seu próprio desenvolvimento, sua meta final deve estar associada à influência modeladora que ela exerce, no tempo certo, sobre a vida em geral e sobre todo o manejo humano das coisas à nossa volta (ARAÚJO e BALDINATO, 2015, p. 98).

A utilidade da pesquisa na produção de amônia foi evidenciada por Haber em seu discurso.

Em diferentes trechos da fala de Fritz Haber na premiação ele demonstra a importância do trabalho de pesquisadores que fundamentaram sua pesquisa: Joseph Priestley (1733-1804) e Henry Cavendish (1731-1810) sobre o efeito de faíscas elétricas na combinação de gases atmosféricos; tentativas de síntese indireta da amônia por Alfred L. De Sourdeval (1826-1886) e Louis J. F. Margueritte (1822-1891), a partir da barita cáustica; Adolph Frank (1834-1916) e Nikodem Caro (1871-1935), pela rota da cianamida de cálcio, que trazia a imensa vantagem de tomar apenas carvão e calcário como reagentes de partida e de sua parceria com os noruegueses Kristian Birkeland (1867-1917) e Samuel Eyde (1866-1840), que aproveitaram o potencial hídrico de seu país na geração de eletricidade com fins de reproduzir o processo de combinação dos

gases nitrogênio e oxigênio por arco elétrico, como ocorre na atmosfera durante as tempestades de raios (ARAÚJO e BALDINATO, 2015).

Sabe-se que as situações de equilíbrio devem ser conhecidas para altas temperatura e pressão, em um sistema fechado. Uma transformação química alcança o equilíbrio quando as concentrações de reagentes e produtos não se modificam, tornando constante (CAMPOS e GOUVEIA, SD). Na síntese da amônia:



Para esta reação a energia de ativação é extremamente alta, pois não é fácil quebrar a ligação tripla do N_2 , portanto para a reação ocorrer, altas temperaturas são necessárias. É uma reação que ocorre com contração de volume, o volume é inversamente proporcional à pressão (Lei de Boyle), para haver um bom rendimento é necessária alta temperatura e alta pressão, sendo um processo complicado em larga escala. O reagente em menor quantidade é o que irá determinar a quantidade final de produto. A reação sendo exotérmica favorece o deslocamento do equilíbrio na direção dos reagentes (pretendia-se o produto). Além disso, o volume é diretamente proporcional à temperatura, o aumento da temperatura gera o aumento do volume, e como a reação é de contração, isso também favoreceria o deslocamento do equilíbrio para os reagentes, segundo o princípio de Le Chatelier (CAMPOS e GOUVEIA, SD).

Nesse caso, não é possível prever se, como resposta à perturbação, haverá formação de reagentes ou produtos por meio de uma simples análise qualitativa baseada na aplicação direta do Princípio de Le Chatelier, pois o aumento da pressão parcial do N_2 (reagente) é acompanhado pela diminuição das pressões parciais de H_2 (reagente) e de NH_3 (produto). Se, por outro lado, raciocinarmos em termos de concentrações (propriedade literalmente expressa na primeira formulação do princípio), veremos que o aumento do volume também provoca ao mesmo tempo a diminuição das concentrações de H_2 (reagente) e NH_3 (produto). Portanto, a simples aplicação Princípio de Le Chatelier apresenta uma ambiguidade já que, nesse caso, as variações das pressões parciais (ou concentrações) dos reagentes N_2 e H_2 levam a previsões opostas (Quilez-Pardo e cols., 1993; Allsop e George, 1984). O princípio em si, na forma como apresentado nas diferentes formulações acima citadas, não permite prever o comportamento desse sistema frente à alteração a que foi submetido (Cheung, 2004). O tratamento correto dessa questão exige uma

abordagem termodinâmica rigorosa [...] (CANZIAN e MAXIMIANO, 2010, p. 109).

Haber precisava encontrar a pressão, a temperatura e o catalisador certos. O primeiro cálculo a ser realizado eram os valores das constantes de equilíbrio a diferentes pressões e temperaturas. Estes valores determinam a viabilidade da síntese. Era necessário construir um vaso de reação para altas pressões que fosse suficientemente resistente e Haber montou um equipamento adequado para suportar as altas temperaturas (CAMPOS e GOUVEIA, SD).

Haber encontrou uma alternativa de catalisador, o ósmio, melhorando o rendimento da reação: rendimento de 8%, pressão de 175 atm e temperatura de 550°C, incluindo um resfriador. Em sua fala no recebimento do prêmio Nobel, Haber reconhece as dificuldades:

Se a produção de amônia a partir das substâncias simples não foi descoberta até o século atual, isto se deve ao fato de que é preciso utilizar equipamento muito especial, e em condições específicas, para que se obtenha sucesso na combinação espontânea de nitrogênio e hidrogênio numa escala substancial, e que uma combinação de sucesso experimental com considerações termodinâmicas era necessária (ARAÚJO e BALDINATO, 2015, p. 97).

Entretanto, a descoberta de uma via para a síntese de amônia não era suficiente para resolver a produção industrial, era preciso colocá-la em escala economicamente viável. Carl Bosch, um industrial da BASF convenceu seus superiores de cargo que aceitassem o projeto de Haber à escala industrial. Bosch recebeu o prêmio Nobel de Química em 1931. Por isso, o processo industrial é hoje chamado de “Haber-Bosch”. O catalisador posteriormente foi trocado por ferro reduzido sobre alumina, pois o ósmio era caro e raro:

Na escala industrial do processo Haber-Bosch, desenvolvido por Carl Bosch e seus colegas de trabalho na BASF, um catalisador de ferro foi usado em vez de ósmio. Isso somou uma reviravolta totalmente inesperada. Haber comentou sobre ele, em 1910: [...] novos recursos especiais sempre vêm à luz (Angewandte Books Chemie, 2005, p. 3958, tradução nossa).

A primeira fábrica de amônia pelo método elaborado começou a operar em 1913. Apesar das pesquisas atuais, o método utilizado ainda é praticamente o mesmo e é o responsável por 99% do nitrogênio usado em fertilizantes no mundo. Em 1914 com a

Primeira Guerra Mundial a amônia se tornou fundamental também para fabricar nitratos utilizados em explosivos. A produção da amônia pelo método Haber-Bosch é considerada um dos avanços mais importantes do século XX. Pode ser considerado o primeiro grande sucesso da colaboração entre uma universidade e a indústria (CAMPOS e GOUVEIA, SD).

A seguir, apresentam-se os métodos utilizados nesta pesquisa indicando como serão realizadas a análise dos livros didáticos utilizados do Ensino Médio e das concepções que os professores apresentam sobre o uso da HC no ensino de Equilíbrio Químico.

3. METODOLOGIA

Esta pesquisa tem caráter qualitativo descritivo. Trata-se de uma pesquisa qualitativa que se desdobra em uma parte documental e na utilização de instrumentos escritos para levantamento das concepções de professores sobre o tema Equilíbrio Químico e seu desenvolvimento histórico.

A parte documental recorre a fontes diversificadas, tais como os livros didáticos do Ensino Médio, buscando verificar como estes abordam o tema Equilíbrio Químico do ponto de vista histórico e a reconstrução histórica do conceito. As fontes de pesquisa são os livros didáticos do Programa Nacional do Livro Didático utilizados no Ensino Médio da rede pública da cidade de Bauru e os artigos que abordam o tema.

A pesquisa documental consiste em analisar em documentos escritos, a forma como os livros didáticos abordam os conceitos de Equilíbrio Químico do ponto de vista histórico. O uso de documentos deve ser valorizado, pois os dados neles contidos pode resgatar a história com explicações de fenômenos e conceitos, ampliando o entendimento e aproximando-nos da realidade através de uma compreensão contextualizada histórica e socialmente. Conforme afirma Cellard:

[...] o documento escrito constitui uma fonte extremamente preciosa para todo pesquisador nas ciências sociais. Ele é, evidentemente, insubstituível em qualquer reconstituição referente a um passado relativamente distante, pois não é raro que ele represente a quase totalidade dos vestígios da atividade humana em determinadas épocas. Além disso, muito freqüentemente, ele permanece como o único testemunho de atividades particulares ocorridas num passado recente. (CELLARD, 2008: 295, *apud*. SÁ-SILVA, J. R., p. 2, 2009).

Sá-Silva (2009) conceitua documento como uma declaração escrita, oficialmente reconhecida, que serve de prova de um acontecimento, fato ou estado, qualquer objeto que comprove, elucide, prove ou registre um fato, acontecimento ou arquivo de dados gerado por processadores de texto. Quando se utiliza documentos, deve-se investigar, examinar, usando técnicas apropriadas para análise, seguindo etapas e procedimentos; organizando informações a serem categorizadas e analisadas. Assim,

Para pesquisar precisamos de métodos e técnicas que nos levem criteriosamente a resolver problemas. [...] é pertinente que a pesquisa científica esteja alicerçada pelo método, o que significa elucidar a capacidade de observar, selecionar e organizar cientificamente os

caminhos que devem ser percorridos para que a investigação se concretize (GAIO, CARVALHO e SIMÕES, 2008: 148, *apud*. SÁ-SILVA, 2009, p. 4).

O primeiro momento da pesquisa se constitui em fazer um levantamento de referências bibliográficas sobre o contexto social e histórico abordado e organização dos livros disponíveis. Foi realizada leitura dos documentos obtidos e selecionados os dados significativos para o trabalho.

A análise documental qualitativa foi realizada por meio de artigos sobre a construção dos conceitos relativos ao Equilíbrio Químico e livros utilizados comumente no Ensino Médio, em específico os capítulos que abordam os conceitos relacionados ao tema Equilíbrio Químico. O levantamento das concepções dos professores foi realizado através de questionários aplicados a professores de Química da rede pública estadual de ensino.

A análise fornecerá subsídios para elencar as concepções e conhecimentos que os professores possuem sobre a utilização da História da Ciência no ensino e as características do conhecimento histórico dos conceitos relacionados ao Equilíbrio Químico presentes nos livros didáticos de Química utilizados no Ensino Médio. Os livros didáticos e a formação dos professores são as bases para o ensino destes conceitos na Educação Básica. Compreender seus limites e possibilidades pode fornecer subsídios para explicar as dificuldades dos alunos na aprendizagem dos conceitos e planejar propostas em direção a sua superação.

3.1. CONSTITUIÇÃO DE DADOS

A coleta de dados foi realizada junto a professores de Química que lecionam o conteúdo de Equilíbrio Químico em turmas do Ensino Médio na rede pública estadual da cidade de Bauru. O questionário aplicado, com sete questões abertas, está apresentado no Quadro 4, abaixo. As respostas dos professores aos questionamentos estão inseridas no Apêndice A.

Buscou-se verificar como os professores ensinam conteúdos de Equilíbrio Químico no Ensino Médio e se o fazem através de uma abordagem incluindo História e Filosofia da Ciência. Outra questão importante é qual é a importância do conhecimento histórico para a aprendizagem e a importância do pensamento crítico e filosófico, segundo opinião dos professores.

Quadro 4. Questionário da pesquisa.

QUESTIONÁRIO
Caro professor, este questionário visa contribuir para uma análise acerca das relações entre História e Filosofia da Ciência e o ensino de Equilíbrio Químico.
1. Qual a sua compreensão sobre História e Filosofia da Ciência?
2. Qual a sua compreensão da utilização de História e Filosofia da Ciência no ensino e na aprendizagem de Equilíbrio Químico?
3. Em sua graduação houve algum enfoque acerca de História e Filosofia da Ciência nas aulas de Equilíbrio Químico? De que maneira e por meio de quais recursos?
4. Os livros didáticos que subsidiam suas aulas incorporam História e Filosofia da Ciência em alguma perspectiva?
5. Quais livros didáticos e fontes são utilizados para sua aula de Equilíbrio Químico?
6. Como é realizada a elaboração do seu plano de aula sobre Equilíbrio Químico?
7. Em suas aulas de Equilíbrio Químico há algum enfoque sobre História e Filosofia da Ciência? De que maneira e por meio de quais recursos?

Fonte: Autor.

3.2. SUJEITOS DA PESQUISA

Os sujeitos desta pesquisa foram dez Professores de Química da rede Pública Estadual, da cidade de Bauru. Os professores foram contatados e se dispuseram a participar voluntariamente da pesquisa. Foram esclarecidos sobre os objetivos do trabalho pela pesquisadora e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, apresentado no Apêndice B, autorizando o uso dos dados. Os professores serão identificados com números de 1 a 10 e seus nomes não serão citados no decorrer desta análise, para preservar suas identidades. Alguns professores são recém formados em licenciatura plena em Química e outros lecionam esta disciplina há mais de dez anos na rede pública. Estas características são apresentadas no quadro 5.

Quadro 5. Característica dos professores.

Professores	Característica
Professor 1	Rede pública, leciona há mais de dez anos
Professor 2	Rede pública, recém formado
Professor 3	Rede pública e particular, recém formado
Professor 4	Rede pública, leciona há mais de dez anos
Professor 5	Mestrado, Rede pública, leciona há mais de dez anos
Professor 6	Rede pública, leciona há mais de cinco anos
Professor 7	Doutorado, Rede pública, leciona há mais de dez anos
Professor 8	Rede pública, recém formado
Professor 9	Rede pública, leciona há mais de dez anos
Professor 10	Mestrado, Rede pública, leciona há menos de cinco anos

Fonte: Autor.

Serão utilizadas as siglas P (professor) e Q (questão) que seguem a numeração pela ordem em que foram realizadas.

3.3. METODOLOGIA DE ANÁLISE DOS DADOS

Os questionários dos professores foram analisados segundo a análise de conteúdo, aplicável a qualquer forma de comunicação de mensagem, segundo proposta de Bardin (1977), a partir de algumas etapas identificadas pela autora:

- Organização da análise segundo Bardin (1977) e Oliveira (2008):
 - i. Pré-análise: É a fase de organização, processo de escolha dos documentos que serão analisados; formulação das hipóteses e dos objetivos da análise; elaboração dos indicadores que fundamentam a interpretação final. Sendo que estes fatores não obrigatoriamente se sucedem, mas se mantêm ligados uns aos outros.
 - ii. Exploração do material: Consiste no processo em que os dados brutos serão agregados em unidades, permitindo uma descrição exata das características pertinentes ao conteúdo expresso no texto. Trata-se de procedimentos de ordenar o material.
 - iii. Tratamento dos resultados, inferência e interpretação: Busca-se, nesta etapa, colocar em relevo as informações fornecidas pela análise, através de quantificação simples (frequência) ou mais complexa como a análise fatorial, permitindo apresentar os dados em diagramas, figuras e modelos.

Assim nesta proposta de análise serão realizados procedimentos para extrair dos dados as concepções dos professores através das três etapas indicadas pela autora, iniciando-se por um processo de codificação, que consiste na identificação de unidades de sentido, para posterior reagrupamento em categorias abertas, que vão gerar as análises através de inferências e justificações teóricas relacionadas aos dados. O percurso realizado pode ser explicitado pelas seguintes etapas:

- Codificação: compreende a preparação das informações, uma transformação dos dados brutos do texto, permitindo atingir uma representação do conteúdo, ou da sua expressão, compreendendo a escolha das unidades, a escolha das regras e a escolha das categorias.
- Categorização: A categorização consiste na reorganização das unidades de sentido identificadas em categorias abertas mais amplas e ligadas aos objetivos propostos pela

questão de pesquisa. Neste caso, elas não foram estabelecidas a priori e emergem das respostas dos sujeitos de pesquisa. Para Bardin, a categorização consiste numa,

[...] operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto, por diferenciação e seguidamente, por reagrupamento segundo gênero, com critérios previamente definidos (BARDIN, 1977, p. 117).

- Inferência: trata-se do instrumento de indução para investigar as causas, variáveis, a partir dos efeitos, dos referenciais, e podem possuir natureza diversa.

Por outro lado, a análise da maneira como a História e Filosofia da Ciência é retratada nos livros didáticos foi realizada na busca de compreender e identificar quais os tipos de abordagem histórica no âmbito científico são encontradas nos livros utilizados no Ensino Médio, que foram aprovados no PNLEM 2015 e no Caderno do Aluno e do Professor da Rede Pública Estadual, que englobam a parte do conceito de Equilíbrio Químico.

A análise foi realizada de acordo com Fernandes e Porto (2012), com estrutura realizada por meio de quadros organizados em “dimensões de análise”, divididos em categorias de análise. Estas estão subdivididas e estruturadas em subcategorias, sendo que algumas modificações foram realizadas segundo o modelo de análise proposto pelos autores acima citados, de modo a adequar a análise que foi realizada somente em um capítulo dos livros selecionados.

A análise foi realizada de maneira qualitativa, pois a frequência com que os contextos analisados são abordados nos livros apresenta-se baixa por se tratar apenas do capítulo que trata de Equilíbrio Químico. São elencadas cinco dimensões, detalhadas posteriormente: tipo e organização da informação histórica; materiais utilizados para apresentar a informação histórica; contextos ao qual a informação histórica é relacionada; consistência interna do livro (informação histórica) e exatidão/precisão da informação histórica.

A análise também englobou uma classificação, com base no trabalho de Kragh (2001), descrevendo a abordagem histórica presente nos livros em quatro tipos, descritos a seguir:

- A abordagem externalista: engloba o âmbito social e político do desenvolvimento científico da época.
- A abordagem internalista: engloba os fatores internos do desenvolvimento científico, como fundamentos experimentais e lógicos.
- A abordagem anacronica: visão presentista da história, a Ciência do passado deve ser estudada de acordo com o conhecimento que possuímos atualmente.
- A abordagem diacronica: consiste em estudar a Ciência do passado sob situações e opiniões que existiam no passado.

A análise realizada nestes materiais é fundamentada na análise de conteúdo, de acordo com as etapas elencadas acima, por meio de uma leitura crítica do aspecto histórico científico encontrado nos livros no capítulo sobre Equilíbrio Químico.

A leitura buscou elementos relativos ao Equilíbrio Químico nos livros e as categorias foram elaboradas objetivando uma representação dos conteúdos identificados.

Para melhor compreensão do conhecimento e da utilização de História e Filosofia da Ciência que os professores possuem, as unidades de sentido e as categorias foram analisadas com base nos referenciais teóricos adotados e citados no trabalho.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. A HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NO CADERNO DO ALUNO, DO PROFESSOR E NOS LIVROS DO PNLEM DO ESTADO DE SÃO PAULO.

Foram analisados nesta pesquisa livros que são utilizados por professores na rede pública do Estado de São Paulo: O Caderno do Professor, o Caderno do Aluno, que englobam a parte do conceito de Equilíbrio Químico, vinculado ao programa São Paulo Faz Escola e os capítulos sobre Equilíbrio Químico dos livros do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio (PNLEM).

Por meio do programa “São Paulo Faz Escola”, os educadores e alunos das unidades da rede estadual de ensino do Estado de São Paulo recebem o Caderno do Professor (SÃO PAULO, 2009b) e o Caderno do Aluno (SÃO PAULO, 2009a), para auxiliar os docentes e alunos no preparo das aulas e direcioná-los quanto ao desenvolvimento de atividades com os alunos dentro das disciplinas. Estes livros foram desenvolvidos por especialistas da Educação em cada área, com a proposta de unificar o ensino oferecido nas mais de cinco mil escolas da rede estadual.

O Governo Federal, por meio do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação, desenvolve o Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio. De acordo com Tavares (2010),

Esse programa surgiu a partir da Resolução nº38 de 15 de outubro de 2003, levando em consideração: os propósitos de progressiva extensão da obrigatoriedade e gratuidade ao Ensino Médio (Art. 208, Inciso II, da Constituição Federal); o livro didático como um recurso básico para o aluno no processo de ensino-aprendizagem; e a importância dos professores serem os agentes responsáveis pela escolha do livro didático que trabalharão [...] Conforme é apresentado no Catálogo do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio (PNLEM/2008: Química), o contato com o livro didático favorece a qualidade da educação básica, bem como possibilita a inclusão social. Nesse sentido, esse documento acredita na melhoria da qualidade do ensino a partir de políticas públicas que ampliem os recursos didáticos disponíveis à prática docente. “É com essa concepção que o Ministério da Educação, por meio da Secretaria de Educação Básica (SEB), e em parceria com o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), está dando continuidade ao Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio/PNLEM” (TAVARES, 2010, p. 29-30).

De acordo com o Guia de livros didáticos, PNLEM 2015 (BRASIL, 2014), Química, Ensino Médio do Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica de 2014, foi realizada a seleção dos seguintes livros para serem utilizados no âmbito da disciplina Química, que são os livros aos quais tivemos acesso nas escolas:

- FONSECA, M. R. M. QUÍMICA. Editora Ática, 1ª edição, volume 2, 2013.
- MORTIMER, E. F. e MACHADO, A. H. QUÍMICA. Editora Scipione, 2ª edição, volume 2, 2013.
- SANTOS, W. L. P. et al. QUÍMICA CIDADÃ. Editora AJS, 2ª edição, volume 2, 2013.
- ANTUNES, M. T. SER PROTAGONISTA – QUÍMICA. Edições SM, 2ª edição, volume 2, 2013.

Para esta pesquisa, propõe-se somente a análise do capítulo dos livros e cadernos selecionados que se referem ao tema Equilíbrio Químico. Optou-se por realizar uma análise a partir da leitura do instrumento proposto por Leite (2002) que foi validado por Fernandes e Porto (2012), estruturada por meio de quadros organizados em “dimensões de análise”, que foram divididos em categorias de análise, subdivididas e estruturadas em “subcategorias”. Nas palavras de Fernandes e Porto,

[...] essas categorias foram propostas a partir de fontes em história da ciência, estudo de concepções a respeito da história da ciência e de estudos anteriores sobre como a história da ciência costuma aparecer em livros didáticos (FERNANDES e PORTO, 2012, p. 421).

Algumas modificações foram realizadas segundo o modelo de análise proposto pelos autores acima citados, de modo a adequar a análise que foi realizada devido ao fato de nos atermos apenas a um capítulo dos livros e cadernos selecionados. A análise foi realizada de maneira qualitativa, pois a frequência em que os contextos analisados são abordados nos livros não é o foco da pesquisa. São elencadas cinco dimensões, a saber:

- Tipo e organização da informação histórica;
- Materiais utilizados para apresentar a informação histórica;

- Contextos ao qual a informação histórica é relacionada;
- Consistência interna do livro (informação histórica);
- Exatidão e precisão da informação histórica.

As dimensões que não foram abordadas, que são incluídas no trabalho de Fernandes e Porto (2012) foram dimensões que analisam os “exercícios contidos no livro”, pois, segundo a análise realizada, os exercícios apresentados no capítulo de Equilíbrio Químico não apresentaram vertentes historiográficas. A “bibliografia” também foi uma dimensão não analisada, devido os autores analisarem os livros completos e nesta pesquisa nos atermos a apenas um capítulo. Outra dimensão não abordada na análise desta pesquisa foi a uma subcategoria da “Consistência interna do livro”, que se refere à maneira como as ocorrências de HC encontram-se distribuídas ao longo do livro, em poucos capítulos, ou na maioria dos capítulos.

Nas três primeiras dimensões, a análise apresenta o foco na maneira como a informação é inserida no texto. A primeira dimensão de análise, “Tipo e organização da informação histórica”, se divide nas subdimensões: “Personagens” (dimensão humana); “Evolução da Ciência” (processo de transformação da Ciência ao longo do tempo). Cada uma delas se divide em categorias, com informações biográficas, características pessoais, em formato de curiosidades, caracterização ao cientista como pessoa comum, famoso gênio ou sem atribuição. Na “Evolução da Ciência” as subdivisões contemplam os tipos de evolução como evolução linear, evolução real, simples menção, descrição e à quem é atribuída a evolução histórica, como cientistas, grupos de cientista ou a comunidade científica.

Na segunda dimensão de análise, são analisados os materiais utilizados no livro sobre o conteúdo de HC, as categorias utilizadas são: imagens de cientistas, imagens de equipamentos, textos originais, textos escritos pelo próprio autor do livro didático, fontes secundárias e experimentos históricos, a maneira que o livro traz as informações históricas.

A terceira dimensão é ligada à contextualização das ocorrências em HC, se as abordagens históricas citadas são contextualizadas e relacionadas aos textos envolvidos e conceitos científicos apresentados, se as abordagens englobam fatores científico, tecnológico, social, político e religioso.

A quarta dimensão de análise se refere à informação histórica contida no texto, observando se as referências à HC integravam o corpo do texto ou ocorriam em

situações complementares, em outro formato, como o de curiosidades ou leituras complementares.

Na quinta dimensão “Exatidão e precisão da informação histórica”, faz-se uma análise qualitativa das ocorrências, analisadas segundo referencial teórico de reconstrução do conhecimento científico, trazendo exemplos dos textos contidos nos materiais didáticos.

• **Dimensão 1 - Tipo e organização da informação histórica**

A maneira em que é organizada a informação histórica e as características dos cientistas, realizada por meio da análise é apresentada no Quadro 6. Observa-se a seguir semelhança entre os Cadernos do Aluno, do Professor, nos livros dos autores Fonseca/Mortimer e Machado. Neles a tendência é apresentar os cientistas por meio de informações biográficas, não delimitando as suas características pessoais, o caráter humano. As informações se remetem à dados como datas de nascimento e falecimento e algumas vezes sua nacionalidade.

O livro de Santos (2013) foi o que mais apresentou a vida dos personagens, conciliando suas informações biográficas com as características pessoais e também trazidas por meio de curiosidades. Na leitura realizada a partir do livro de Antunes foi observada uma abordagem histórica da biografia dos cientistas por meio somente de curiosidades. Na subcategoria “sem atribuição” foram classificados todos os livros, pois no capítulo em questão, a apresentação do cientista não foi realizada como gênio nem como pessoa comum.

Quadro 6. Tipo e organização da informação histórica – Personagens.

Categorias Personagens	Subcategorias	Caderno do Aluno e Caderno do Professor	Fonseca	Mortimer e Machado	Santos	Antunes
Vida dos personagens	Informações biográficas	X	X	X	X	X
	Características pessoais	-	-	-	X	-
	Curiosidades	-	-	-	X	X
Caracterização	Famoso Gênio	-	-	-	-	-
	Pessoa comum	-	-	-	-	-
	Sem atribuição	X	X	X	X	X

Fonte: Autor, baseado em Fernandes e Porto (2012).

O Quadro 7 apresenta a maneira em que é organizada a informação histórica.

Na categoria Evolução da Ciência, a subcategoria descrição foi a mais citada nos capítulos dos livros analisados, mas dois livros, Fonseca e Antunes, apenas realizaram uma simples menção da informação histórica. A Evolução real seguiu as mesmas características da subcategoria citada acima, sendo a mais identificada também nas pesquisas de Fernandes e Porto (2012). Para os autores,

O processo da ciência é apresentado como uma sequência não problemática, no qual uma ideia conduz à outra, de maneira linear: estão ausentes as divergências, as interpretações alternativas, as controvérsias (FERNANDES E PORTO, 2012, p.426).

Somente o livro Fonseca e Antunes apresentaram períodos discretos na organização de suas abordagens históricas.

No que se refere à subcategoria “Responsável” que discute quem é o responsável pela evolução da Ciência, apenas no livro de Antunes (2013) cita-se um cientista individual, remetendo à ele a evolução científica em questão. Nos outros livros analisados a evolução científica é atribuída a mais de um personagem, ou seja, a um grupo de cientistas, mostrando nas abordagens uma concepção colaborativa de um trabalho de pesquisa.

Quadro 7. Tipo e organização da informação histórica – Evolução da Ciência.

Categorias Evolução da Ciência	Subcategorias	Caderno do Aluno e Caderno do Professor	Fonseca	Mortimer e Machado	Santos	Antunes
Tipos de Evolução	Simple menção	-	X	-	-	X
	Descrição	X	-	X	X	-
	Períodos discretos	-	X	-	-	X
	Evolução linear	-	X	X	-	X
	Evolução real	X	-	-	X	-
Responsável	Cientista individual	-	-	-	-	X
	Grupo de cientistas	X	X	X	X	-
	Comunidade científica	-	-	-	-	-

Fonte: Autor, baseado em Fernandes e Porto (2012).

- **Dimensão 2 - Materiais utilizados para apresentar a informação histórica**

O Quadro 8 traz a análise dos aspectos dos materiais que são utilizados para a apresentação da informação histórica.

Apenas dois dos livros analisados contêm como materiais utilizados algumas imagens dos cientistas na apresentação da informação histórica abordada. Os livros Mortimer/Machado (2013) e Santos (2013) apresentaram as informações biográficas acrescentadas de ilustrações com a imagem de rosto dos cientistas, como Fritz Haber, Carl Bosch e Henri Le Chatelier. Não houve imagens de equipamentos e textos originais utilizados nas informações históricas em nenhum dos livros analisados. Em todos os livros a apresentação da informação histórica é expressa por meio de textos produzidos pelos próprios autores dos livros.

Quadro 8. Materiais utilizados para apresentar a informação histórica.

Categorias	Subcategorias	Caderno do Aluno e Caderno do Professor	Fonseca	Mortimer e Machado	Santos	Antunes
Materiais utilizados para apresentar a informação histórica	Imagens de cientistas	-	-	X	X	-
	Imagens de equipamentos	-	-	-	-	-
	Textos originais	-	-	-	-	-
Fontes secundárias	Textos de historiadores da Ciência	-	-	-	-	-
	Modelos e representações	-	-	-	-	-
	Ilustrações de equipamentos e experimentos	-	-	-	-	-
	Textos do autor	X	X	X	X	X
	Experimentos históricos	-	-	-	-	-

Fonte: Autor, baseado em Fernandes e Porto (2012).

- **Dimensão 3 - Contextos aos quais a informação histórica é relacionada**

O Quadro 9 representa os contextos nos quais a informação histórica foi abordada nos livros analisados.

Apenas o livro de Antunes (2013) não contextualiza as informações históricas, apresentando-as desvinculadas de outros aspectos, como teorias e exercícios.

Observa-se que o contexto mais abordado nos livros analisados é o contexto científico, referenciando a informação histórica a outras ideias dentro da própria Ciência, como para o desenvolvimento de conceitos. Os contextos mais abordados que seguem são o social e o fator econômico, posteriormente o tecnológico e o político.

Quadro 9. Contexto da informação histórica.

Categorias	Subcategorias	Caderno do Aluno e Caderno do Professor	Fonseca	Mortimer e Machado	Santos	Antunes
Contextualização	Ocorrências contextualizadas	X	X	X	X	-
Contextos associados a essas ocorrências	Científico	X	X	X	X	X
	Tecnológico	X	-	-	X	-
	Social	X	X	-	X	-
	Político	X	X	-	-	-
	Econômico	X	-	X	X	-

Fonte: Autor, baseado em Fernandes e Porto (2012).

- **Dimensão 4 - Estatuto do conteúdo histórico**

O Quadro 10 contém a maneira como a informação histórica é inserida nos livros analisados. Em Fonseca (2013) e Antunes (2013) foi possível observar que a informação histórica inserida ao longo do capítulo sobre Equilíbrio Químico tem caráter complementar, não tornando obrigatória a leitura como a característica fundamental, constatada no restante dos livros analisados, em que a leitura é inserida de maneira corrida nos textos e não paralela.

Quadro 10. Estatuto da informação histórica.

Categorias	Subcategorias	Caderno do Aluno e Caderno do Professor	Fonseca	Mortimer e Machado	Santos	Antunes
Estatuto da informação histórica	Fundamental	X	-	X	X	-
	Complementar	-	X	-	-	X

Fonte: Autor, baseado em Fernandes e Porto (2012).

- **Dimensão 5 – Exatidão e precisão da informação histórica**

Os livros analisados apresentaram historiografia por meio de textos construídos e informados pelos autores, em alguns casos de maneira mais aprofundada, outras de maneira superficial. Analisamos a seguir os livros a partir da informação histórica apresentada, em comparação com o levantamento realizado anteriormente.

a) Caderno do aluno da rede pública estadual do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2009a), 3ª série, Volume 1, do Ensino Médio

No caderno de Química, usado pelo aluno do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2009), 3ª série, Volume 1, a situação de aprendizagem 2 traz um estudo da síntese e da produção de amônia, relatando, já em sua explicação inicial, a importância do controle das condições externas de pressão e temperatura para que uma transformação química seja economicamente viável.

Como leitura e análise de texto, o caderno apresenta a produção industrial da amônia pelo processo Haber-Bosch dividido em três partes, seguida em cada parte do texto, da seguinte proposta:

- i. Questões para análise do texto – três questões (nove questões ao todo)
- ii. Saiba mais (três textos)
- iii. Lição de casa – três questões (nove questões ao todo)

O texto traz a história da descoberta da amônia. Afirma que desde o início do século XVIII essa substância já era de conhecimento dos cientistas que conheciam a maneira como ela podia ser obtida. O texto indica que na Europa, no início do século XX, a amônia era matéria-prima na fabricação de compostos nitrogenados e era usada para a produção agrícola e indústria bélica. O texto tem continuidade, remetendo à importância deste composto durante a Primeira Guerra Mundial, evidenciando os fatores externos como a influência da temperatura e pressão na reação. As outras duas partes do texto contam a biografia de Fritz Haber e de Carl Bosch e a importância do seu trabalho na produção de amônia.

O “saiba mais” apresenta um sistema fechado, em determinadas condições de pressão e temperatura, com quantidades estequiométricas de reagentes, afirmando que podem ocorrer transformações químicas como a síntese de amônia com produção máxima. Essas quantidades não se modificam se as condições externas não forem

modificadas, portanto o rendimento obtido é menor do que o previsto teoricamente, ou seja, é menor que a estequiometria calculada. Essas são transformações que entraram em estado de Equilíbrio Químico.

O capítulo do material em questão não aborda aspectos referentes à vida do cientista, nem questões científicas da elaboração do processo da síntese, como os estudos anteriormente realizados que serviram de embasamento para a evolução dos conceitos, há principalmente foco nos fatores econômicos e políticos envolvidos no momento da formulação do processo.

b) Caderno do professor da rede pública estadual do estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2009b) 3ª Série, volume 1, do Ensino Médio

O caderno do professor da rede pública estadual do Estado de São Paulo, (SÃO PAULO, 2009) 3ª Série, volume 1, traz orientações iniciais sobre os conteúdos do bimestre, com a proposta de que as atividades facilitem a compreensão dos processos químicos relacionando-os com suas aplicações tecnológicas, ambientais e sociais, para que os alunos possam emitir juízos de valor e tomar decisões individuais de maneira responsável e crítica. Apresenta-se também a ideia de que o estudo do processo de Haber-Bosch permitirá a discussão da importância de conhecer, prever e controlar as variáveis (temperatura, pressão, superfície de contato, catalisadores e reagentes) que influenciam na velocidade e na extensão com que uma transformação química acontece, para otimizar os custos de produção.

Outro destaque é dado ao fato de que a obtenção da amônia a partir dos gases nitrogênio e hidrogênio se dá por intermédio de uma transformação química que permitirá a introdução do estudo do Equilíbrio Químico, que neste bimestre será ampliado ao estudo das reações reversíveis. Busca-se através dele encontrar formas de produção economicamente viáveis e ambientalmente favoráveis. Para isso é necessário saber controlar os fatores que afetam a velocidade e a extensão da transformação química em questão, sendo que a escolha da temperatura, pressão e da concentração dos reagentes, bem como a decisão da utilização de um catalisador, deve priorizar a produção da maior quantidade possível de produtos com o menor custo econômico e ambiental possível, minimizando o desperdício.

Nos conhecimentos priorizados, o caderno traz como ponto importante reconhecer sistemas em que transformações químicas não se completam, nas quais

reagentes e produtos coexistem em concentrações que não variam com o tempo e que serão identificados como sistemas em estado de Equilíbrio Químico. Indica-se que no processo de obtenção da amônia, será apresentada a ideia da necessidade do controle da pressão e da temperatura para viabilizar e aperfeiçoar a sua produção industrial. O papel econômico da amônia será enfatizado mediante a discussão do processo Haber-Bosch e pela apresentação de outros produtos em que a amônia é matéria-prima.

Nas competências e habilidades citadas no caderno do professor estão:

1. Fazer uso da linguagem química para reconhecer equações químicas que apresentam sistemas em equilíbrio presentes nesses sistemas.
2. Relacionar o desenvolvimento do processo industrial de obtenção da amônia com o momento histórico, com fatores econômicos e políticos envolvidos na importação do salitre do Chile, com a importância da amônia na fabricação de fertilizantes e de explosivos e com os conhecimentos disponíveis na época. Refletir sobre a importância de conhecer e controlar fatores que influenciam o rendimento e a rapidez de transformações químicas – no caso, a síntese industrial da amônia – para que processos industriais economicamente viáveis possam ser desenvolvidos.
3. Relacionar e interpretar dados fornecidos por textos, tabelas e representações para compreender processos de obtenção de gases industriais.
4. Aplicar conhecimentos referentes às influências da pressão e da temperatura para escolher condições reacionais mais adequadas. Usando modelos explicativos, fazer previsões de variáveis qualitativas sobre como composições de variáveis podem afetar a rapidez de transformações químicas.
5. Estabelecer relações entre os conhecimentos desenvolvidos sobre fatores que alteram a rapidez de transformações químicas e condições de armazenamento de alimentos e avaliar o conhecimento de uma comunidade sobre esse assunto para, eventualmente, assumir um papel multiplicador de conhecimentos (SÃO PAULO, 2009b, p. 9 -10).

Nas metodologias e estratégias, o caderno busca apresentar práticas que estimulem a participação e o envolvimento do aluno no processo de construção de seus conhecimentos, desenvolvimento de competências que permitam o exercício da cidadania.

No início de cada atividade são utilizadas questões que envolvem a análise de fatos relacionados ao cotidiano, para estabelecer relações entre os conhecimentos prévios e os novos. Os textos são apresentados para contextualizar o estudo e contêm informações relevantes. Os problemas propostos exigem a aplicação dos conhecimentos

aprendidos e são utilizadas atividades experimentais com caráter investigativo, abrangendo o levantamento de hipóteses e a elaboração de explicações.

A avaliação que é proposta envolve questões abertas, interpretação de textos, entrevistas, interpretação de gráficos e tabelas e a análise de dados experimentais, para haver um acompanhamento da aprendizagem dos conteúdos e o desenvolvimento das competências dos alunos.

O livro do aluno contém, em comparação com o livro do professor, menos inserção das influências econômico-político-sociais do que as citadas no livro do professor. Este material privilegiou a contextualização do processo científico e menos a historiografia da evolução da elaboração do conceito.

c) FONSECA, M. R. M. QUÍMICA. Editora Ática, 1ª edição, volume 2, 2013.

A abordagem histórica encontrada no capítulo do livro que abrange o tema Equilíbrio Químico é apresentada no formato de curiosidades, apresentando também características pessoais do cientista, envolvidas as situações políticas e econômicas, como no seguinte excerto:

Henri Louis Le Chatelier (1850-1936), engenheiro e químico francês, foi professor de Química titular da Sorbonne (Universidade de Paris). Seu trabalho foi importante na formulação do terceiro princípio da Termodinâmica. Publicou vários trabalhos sobre os equilíbrios químicos e sobre a química aplicada à metalurgia, à metalografia (estrutura dos metais e das ligas), aos cimentos, aos vidros e aos combustíveis, sempre procurando mostrar a necessidade da união entre a Química pura e a Química aplicada na resolução de problemas industriais (FONSECA, 2013, p. 213).

A síntese da amônia foi desenvolvida pelo químico alemão Fritz Haber (1868-1934) durante a Primeira Guerra Mundial, quando o bloqueio naval à Alemanha, imposto pelos ingleses, impediu o acesso alemão às minas de salitre do Chile (nitrato de sódio, NaNO_3), utilizado como fonte de nitratos para fabricação de fertilizantes e explosivos.[...] Carl Bosch (1874-1940) levou esse processo à escala industrial. Essa descoberta, utilizada até hoje, permitiu à Alemanha resistir ao cerco dos aliados durante a Primeira Guerra Mundial (FONSECA, 2013, p. 220).

O livro não privilegia as questões científicas como os estudos que levaram os cientistas a conseguirem realizar seus experimentos, elaboração de conceitos e produção

em larga escala na indústria. As abordagens econômicas são abrangidas e as reações são desvinculadas, separadas do contexto histórico.

d) MORTIMER, E. F. e MACHADO, A. H. QUÍMICA. Editora Scipione, 2ª edição, volume 2, 2013.

O capítulo do livro apresenta uma abordagem bem contextualizada das leis e teorias, ao ligá-lo ao contexto cotidiano dos leitores. O capítulo segue mostrando a evolução da Ciência de maneira científica, sobre a síntese:

Foi Fritz Haber (1868-1934), químico alemão, quem resolveu, do ponto de vista da Química, o problema da síntese de NH_3 (g) a partir de nitrogênio e hidrogênio. Isso lhe valeu o Prêmio Nobel de Química de 1918. Já os problemas técnicos para a produção industrial de NH_3 (g) foram resolvidos por Carl Bosch (1874-1940). Até hoje, praticamente toda a produção mundial da amônia utiliza o processo conhecido como Haber-Bosch (MORTIMER, 2013, p. 183).

E a História é abordada por informações em que o nome do cientista foi atribuído ao seu estudo:

Ao estudar um grande número de dados sobre alterações na condição de equilíbrio, para um grande número de reações, Henri Le Chatelier (1850-1936) propôs, em 1888, uma regra geral que ficou conhecida como Princípio de Le Chatelier (MORTIMER, 2013, p. 185).

A evolução do conceito científico não é elencada nas abordagens, tratando o conceito como único e acabado, sem mostrar os processos de evolução que englobam a história dos conceitos e processos.

e) SANTOS, W. L. P. et al. QUÍMICA CIDADÃ. Editora AJS, 2ª edição, volume 2, 2013.

O capítulo do livro apresenta, de maneira integrada ao corpo do livro, a evolução da Ciência, de maneira a englobar a biografia de Henry Louis Le Chatelier:

As alterações dos estados de equilíbrio, em consequência de alterações de condições físicas ou químicas, foram estudadas pelo químico francês Henry Louis Le Chatelier (1850-1936). Ele lançou uma generalização simples, mas de grande alcance, a respeito do

comportamento de sistemas em equilíbrio: o chamado **princípio de Le Chatelier**.

A Ciência na História

Henry Louis Le Chatelier [1850-1936], engenheiro químico, metalúrgico e professor, foi grande divulgador da importância da Química para a indústria. Inventou também o pirômetro óptico, um instrumento que mede a temperatura de fornos em olarias e metalúrgicas.

HENRY LOUIS LE CHATELIER

Henry Louis Le Chatelier nasceu em Paris. Seu pai, o arquiteto e engenheiro Louis Le Chatelier, foi quem lhe ensinou química e matemática. Juntos, criaram a indústria de alumínio da França, permitindo que Henry aprendesse muito sobre química e metalurgia. Sua mãe, uma católica muito devota e dedicada, incentivou os filhos a apreciar a leitura e as artes.

Le Chatelier graduou-se pelo College de France e, em seguida, foi trabalhar como engenheiro de mineração em uma mina em Besançon. Dois anos depois, foi convidado a ocupar o cargo de professor de Química em diferentes instituições de ensino. A carreira de Le Chatelier foi marcada por uma grande busca de relações entre teoria e prática na Ciência, defendendo a racionalização da investigação científica e buscando solucionar problemas de aplicação industrial, em um momento em que a Química apresentava o *status* de Ciência “pura”. O reconhecimento acadêmico leva ao surgimento de cursos para formar químicos qualificados para atuarem na indústria. Há uma substituição gradual do “artista químico” pelo químico com formação acadêmica. Como exemplo de seu empenho como químico, pode-se destacar suas contribuições para o desenvolvimento da química dos cimentos, aplicando conhecimentos da termodinâmica e na busca de metodologia de produção de amônia, matéria-prima fundamental na época. Com base em sua lei do deslocamento químico, de pressão para a síntese da amônia, a partir do nitrogênio atmosférico. Registrou a patente, mas não chegou à produção industrial, o que foi feito posteriormente por Fritz Haber [1868-1934] e Carl Bosch [1874-1940]. Seu nome é sempre lembrado na Química quando se fala em equilíbrio químico. Em seu livro didático, Linus Pauling [1901-1994] dá o seguinte conselho aos estudantes: “anos depois de terminar sua faculdade, você pode (a menos que você se torne um químico ou trabalhe em alguma área próxima) esquecer-se de todas as equações matemáticas que se relacionem ao equilíbrio químico. Eu espero, entretanto, que você não se esqueça do princípio de Le Chatelier” (SANTOS, 2013, p. 153-155).

E posteriormente é apresentado o princípio. Seguindo a contextualização entre o conceito e o processo de evolução do conhecimento científico, encontra-se:

Processos a temperaturas baixas são lentos. Processos realizados sob alta pressão, caros! Fritz Haber e Carl Bosch viabilizaram a **produção industrial da amônia**, propondo valores intermediários de temperatura e pressão, combinados com a utilização de catalisadores. A Petrobras é uma das poucas empresas brasileiras produtoras de amônia (SANTOS, 2013, p. 153-154).

O livro discorre sobre a situação da agricultura com relação à quantidade de nitrogênio para as plantações, acrescenta que desde o século XX os cientistas buscavam métodos eficazes e viáveis financeiramente para suprir as carências de fertilizantes nos solos e que em 1905 os químicos alemães Fritz Haber e Carl Bosch conseguiram resolver problemas técnicos da fabricação industrial de amônia pela reação entre os gases hidrogênio e nitrogênio, processo conhecido como Haber-Bosch. Comenta-se também o prêmio Nobel que eles receberam. O capítulo traz as implicações do processo além de trazer questões pessoais do cientista e estudos realizados que levaram à elaboração do conceito.

f) ANTUNES, M. T. SER PROTAGONISTA – QUÍMICA. Edições SM, 2ª edição, volume 2, 2013.

No capítulo do livro que trata sobre o assunto Equilíbrio Químico, um cientista é citado ao decorrer das explicações dos conceitos: *O processo Haber-Bosch revolucionou a produção de amônia e rendeu o prêmio Nobel ao seu idealizador, Fritz Haber* (ANTUNES, 2013, 116).

Em seguida é apresentado como funciona o processo de produção de amônia.

Por meio da perspectiva da HC a credibilidade desta informação pode ser analisada por uma historiografia não atual, pois a simples menção não caracteriza uma contemplação de nenhum dos fatores envolvidos no desenvolvimento e evolução deste conceito científico.

- **ANÁLISE GERAL ORIENTATIVA**

As obras procuraram associar os conhecimentos científicos de Equilíbrio Químico com acontecimentos do cotidiano, mas esta contextualização muitas vezes é apresentada como uma citação no texto, não exemplificando realmente as aplicações e funções. Não se propõe um aprofundamento da compreensão dos alunos sobre os fenômenos citados ao longo das obras, com suas implicações. As abordagens históricas analisadas nestes capítulos sobre Equilíbrio Químico se apresentaram, segundo análise baseada na proposta de Kragh (2010), uma abordagem histórica externalista que, mesmo de maneira superficial, engloba o âmbito político do desenvolvimento científico da época, e uma abordagem diacrônica, que consiste em estudar a Ciência do passado sob situações e opiniões que existiam no passado, onde são abordadas comparações e possibilidades atuais da Ciência. Na maioria dos casos percebe-se uma mera citação cronológica de fatos.

Os livros analisados apresentam diferentes abordagens e tendências da inclusão da HC no ensino de Equilíbrio Químico. Relatos históricos que deveriam ser mais aprofundados, no sentido de ampliar a visão da evolução até chegar aos conceitos definidos que temos na atualidade, e poderiam auxiliar o estudante em diferentes aspectos de seu aprendizado. Fernandes e Porto (2012) indicam que o uso adequado da HC nos livros didáticos poderia auxiliar,

[...] na construção de conceitos de química; na compreensão da complexidade da atividade científica ao longo do tempo; bem como no entendimento do fazer científico na atualidade (FERNANDES E PORTO, 2012, p. 429).

4.2. ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS

A seguir apresenta-se o quadro 11, que caracteriza as análises do questionário respondido pelos professores da rede pública. As perguntas referentes ao questionário visavam guiar as respostas dos professores para um tema, porém explicou-se que eles poderiam respondê-las no formato em que preferissem, com repostas que englobassem mais de um questionamento. Neste quadro são apresentadas as respostas, já com indicação das unidades de sentido encontradas e as categorias gerais observadas por análise qualitativa dos questionários com base na análise do conteúdo. Utilizamos a sigla “HFC” significando História e Filosofia da Ciência, as siglas P (professor) e Q (questão) seguem a numeração pela ordem em que foram realizadas, posteriormente se encontra a discussão realizada com bases nos dados analisados.

Quadro 11. Análises do questionário respondido pelos professores da rede pública.

Categorias	Unidades de sentido	Fala dos professores
Formação em HFC	Conhecimento Superficial	P1Q1: “Minha compreensão é muito superficial”. P2Q1: “Na verdade, não muito. Pois o que obtive conhecimento durante a minha graduação foi muito superficial”.
	Não tem conhecimento	P3Q1: “Em relação à História e Filosofia da Ciência, assunto mais abrangente, quase não possuo conhecimento”. P3Q2: “Não tenho compreensão clara da necessidade do contexto histórico em todos os assuntos abordados em sala de aula”. P7Q2: “Não possuo subsídios suficientes para tecer considerações a respeito desse assunto”.
	Não sabe relacionar HC com o conteúdo	P6Q2: “Não sei relacionar a história e filosofia da ciência com o ensino de equilíbrio químico”. P6Q7: “Como não tenho condição de relacionar a História e filosofia da ciência não posso afirmar essa condição”. P8Q2: “Particularmente não entendo a relação entre História e Filosofia da Ciência com o conceito de Equilíbrio Químico”.
	O que aparece no currículo	P7Q7: “Não, eventualmente é apresentado e discutido algumas situações apresentadas na apostila”.
	É importante	P7Q1: “[...] apresentam importantes contribuições para a formação de docentes e pesquisadores”.
	Biográfica	P3Q1: “No primeiro semestre da faculdade estudei alguns cientistas famosos”.

Categorias	Unidades de sentido	Fala dos professores
Importância da HFC	Compreender o conhecimento científico	P1Q1: “Na verdade tenho a ideia de que a História é importantíssima para o conhecimento científico e devemos contar um pouco da História sobre os conceitos científicos”.
	Facilita a aprendizagem	P4Q1: “Elas podem ter um papel facilitador na aprendizagem científica do aluno”. P9Q2: “Acredito que a compreensão histórica e filosófica da evolução da ciência pode facilitar o ensino e aprendizagem do equilíbrio nas transformações químicas”.
	Construção do conceito	P4Q1: “[...] são relevantes na construção e compreensão do conhecimento científico”. P10Q2: “Para entender como substâncias podem coexistir em uma transformação química”. P5Q2: “Abordagem histórico filosófica sempre é pertinente ao ensino de conceitos químicos [...] será melhor compreendido pelos alunos”.
	Natureza do conhecimento científico	P5Q1: “[...] revela os caminhos e as ações tomadas pelos cientistas até chegar aos conhecimentos científicos de hoje”. P4Q2: “proporcionaria uma maior compreensão da natureza do conhecimento científico e um melhor entendimento dos conceitos e teorias da química”. P8Q1: “importantes para a compreensão da origem das Ciências”. P10Q1: “A evolução da ciência ocorre a partir de um contexto histórico”.
Uso da HC	Consideração dos conhecimentos prévios	P1Q6: “usei o currículo, conhecimentos prévios do aluno, história de Haber e da época na internet”.
	Utilização do planejamento do material didático adotado	P3Q6: “O próprio material da escola já disponibiliza a sequência correta em aula e capítulos”. P4Q6: “De acordo com o currículo do Estado de São Paulo”. P6Q6: “É a elaboração básica”. P7Q6: “De acordo com a apostila”. P8Q6: “Caderno do Aluno”. P9Q6: “Currículo do Estado de São Paulo”.
	Abordagem tradicional	P2Q7: “Por meio de aulas expositivas/explicativas”.

Categorias	Unidades de sentido	Fala dos professores
Características da HC utilizada pelos professores	Concepção externalista	P3Q4: “São poucos livros de detalham o processo Haber-Bosch. A grande maioria só fala do contexto de como a síntese de NH_3 possibilitou uma ajuda substancial na produção de fertilizantes da época. Porém a filosofia da ciência nada aborda”. P9Q4: “Apenas um breve panorama histórico. Abordando alguns tópicos como a fabricação de objetos cerâmicos, extração de corantes animais e vegetais, produção de vidro e alguns metais e obtenção de vinho e cerveja”. P1Q7: “De como surgiu a necessidade de se fabricar amônia e conto toda a História que estávamos em guerra que a amônia é uma substância importantíssima para a economia de um país, pois está presente em fertilizantes e armamento. Que o Chile era quem detinha a maior parte deste minério e era quem detinha o poder sobre ele”. P3Q7: “Menciono o processo Haber-Bosch. Explico a síntese da amônia, da importância econômica e no contexto da 1ª Guerra Mundial”. P8Q7: “Para ministrar aulas sobre síntese da amônia pelo processo Haber-Bosch é necessário mostrar o conceito histórico por trás dessa descoberta e para ministrar aulas sobre ácidos e bases o conceito histórico envolvido na elaboração das teorias”. P9Q7: “Utilizo as informações sobre o processo Haber-Bosch contidas nos cadernos do professor e aluno da SEE de SP”.
	Abordagem superficial	P4Q4: “Sim, porém as abordagens são de maneira muito superficial”. P5Q4: “Todas as abordagens na minha opinião são muito superficiais”. P7Q4: “Alguns livros apresentam breves discussões sobre história e filosofia da ciência [...]”. P8Q4: “Sim, os livros enfocam o tema, mas não com riqueza de detalhes”. P10Q4: “Alguns livros didáticos procuram mostrar as entrelinhas do conteúdo, o que auxilia o professor a fundamentar mais a aula”.
	Não abordam HC	P1Q4: “Não”. P6Q4: “Os atuais utilizados não incorporam a História e filosofia da ciência nas perspectivas”.

Categorias	Unidades de sentido	Fala dos professores
Como utilizar a HC no ensino	Podem guiar uma atividade	P7Q1: “Podem fornecer embasamento teórico/prático para guiar uma atividade a ser desenvolvida, indicando erros e acertos, nos exemplos”.
	Compreensão da sociedade	P9Q1: “Penso ser importante o conhecimento da evolução das ciências, para termos a consciência de onde partimos que foi necessária muita pesquisa e trabalho a partir de curiosidades de filósofos e cientistas para chegar onde estamos hoje”.
	Contextualização	P1Q2: “tento sempre fazer a contextualização da História e economia [...]”. P10Q2: “Questões ambientais podem ser amplamente discutidas”.
	Não utiliza/Falta de tempo	P10Q7: “[...] então estamos sempre correndo com o currículo”. P5Q6: “Na rede estadual [...] priorizo os conteúdos mais básicos”.

Fonte: Autor.

A formação de professores foi tomada com ponto inicial da análise devido à necessidade de compreender as bases em que os professores foram formados sobre História e Filosofia da Ciência. Para Martins (2007), a pesquisa na área tem buscado identificar a necessidade para a inserção da HC no ensino. O autor afirma que,

Assim, a HFC surge como uma *necessidade formativa do professor*, na medida em que pode contribuir para: evitar visões distorcidas sobre o fazer científico; permitir uma compreensão mais refinada dos diversos aspectos envolvendo o processo de ensino aprendizagem da ciência; proporcionar uma intervenção mais qualificada em sala de aula. (MARTINS, 2007, p.115)

Estas perspectivas indicadas pela pesquisa mostram que ainda estamos longe de encontrar respostas para a sala de aula. Indicam também que poucas são as fontes de conteúdos de HC para a utilização pelo professor. Por fim, indicam também que a formação do professor nesta área, é mais precária do que parece. O professor precisa em primeiro lugar ser formado com base em conhecimentos fundamentais sobre História da Filosofia e Ciência para poder compreender minimamente o que é a Ciência e como ela se estruturou ao longo do tempo para depois disso poder utilizar a HC no processo de ensino.

A categoria “Formação em História e Filosofia da Ciência” indica deficiências significativas na formação dos professores, sujeitos desta pesquisa. Abrange unidades

de sentido que variam desde o “desconhecimento”, passam pelo “Conhecimento superficial” e por questões abordadas sob a perspectiva do “currículo” chegando aos professores que afirmam não saber fazer a relação entre a HC e o conteúdo. Os professores que tiveram pouco contato na sua formação acadêmica, em sua maioria, se manifestam assim:

P2Q1: “Na verdade, não muito. Pois o que obtive conhecimento durante a minha graduação foi muito superficial”.

Há ainda os que apontam ter tido contato com apenas uma disciplina ao longo de sua graduação de licenciatura. Para eles, esta disciplina ou foi superficial ou tratou mais as diversas histórias de vida de alguns cientistas, como na unidade de sentido classificada como formação apenas “Biográfica”:

P3Q1: “No primeiro semestre da faculdade estudei alguns cientistas famosos”.

Parece-nos que nesta disciplina não se abordou um ou mais conceitos específicos, nem foram relacionadas maneiras de utilizar a HC numa perspectiva pedagógica, ou seja, ministrar um conteúdo utilizando a História e Filosofia da Ciência. Na opinião de Leite (2002):

Na verdade, o efeito do uso da História da Ciência no Ensino de Ciências depende principalmente sobre qual História da Ciência é usada e como ela é usada. Como os professores carecem de formação inicial na História da Ciência e dependem fortemente do livro didático parece altamente provável que a História da Ciência que ensinam nas suas aulas de Ciências é a História da Ciência incluída no livro adotado (LEITE, 2002, p. 343, tradução nossa).

Os professores relataram que não possuem conhecimento sobre História e Filosofia Ciência e outros que não sabem relacionar História e Filosofia da Ciência com os conteúdos a serem ministrados, o que corrobora a constatação da autora sobre o processo formativo.

P3Q2: “Não tenho compreensão clara da necessidade do contexto histórico em todos os assuntos abordados em sala de aula”.

P6Q2: “Não sei relacionar a história e filosofia da ciência com o ensino de equilíbrio químico”.

Os sujeitos indicam ainda que tratam em sala de aula, a HC “que aparece no currículo” e apenas quando o conteúdo está presente na apostila, ou material, disponibilizado pela escola. O professor afirma que não utiliza a HC ou o faz apenas eventualmente.

P7Q7: “Não, eventualmente é apresentado e discutido algumas situações apresentadas na apostila”.

Ainda na mesma categoria, os professores reconhecem a importância da utilização da HC afirmando que a mesma apresenta “importantes contribuições para a formação docente e de pesquisadores”. Parece-nos que os professores apenas repetem em suas respostas, argumentos que carecem de fundamentação sobre esta importância, e realmente não têm clareza dos motivos pelos quais a HC e seu uso no ensino são importantes. Poderíamos argumentar sobre a importância da investigação histórica sobre a Ciência a partir da afirmação de Mach (1883/1960), para quem:

A investigação histórica do desenvolvimento da ciência é extremamente necessária a fim de que os princípios que guarda como tesouros não se tornem um sistema de preceitos apenas parcialmente compreendidos ou, o que é pior, um sistema de pré-conceitos. A investigação histórica não somente promove a compreensão daquilo que existe agora, mas também nos apresenta novas possibilidades (MACH, 1883/1960, p. 316).

Outro argumento é o relacionado com a importância da HC no ensino que como já constatamos tem sido amplamente discutida na literatura. Na opinião de Leite (2002) as perspectivas a respeito do uso da HC no Ensino de Ciências tem se ampliado para além do campo curricular atingindo temáticas ditas transversais (BRASIL, 1999) tais como Educação Ambiental e a Multiculturalidade, ampliando as suas possibilidades. Nas palavras da autora:

As evidências empíricas sobre o poder da História da Ciência para promover aprendizagem significativa dos alunos em determinado assunto (Galili e Hazan 2000) e para melhorar as suas atitudes em relação à Ciência, bem como a sua compreensão da natureza do

empreendimento científico (Brush 1989) está disponível atualmente. Além disso, “as visões contemporâneas para HPS [História e Filosofia da Ciência] no ensino de ciências é mais multifacetada que as anteriores” (Mathews 1998, p. 983). Na verdade, os argumentos atuais são de que o uso da história da ciência deva ser feita a partir de fora do campo curricular porque requer o desenvolvimento de vários temas de interesse, como o multiculturalismo, o ambientalismo, o construtivismo, etc. (Mathews, 1998). De qualquer forma, muitos estudantes ainda completam a sua educação escolar sem ter uma idéia de como ciência iniciou e se desenvolveu até o presente (LEITE, 2002, p. 337, tradução nossa).

Os sujeitos, entretanto, apresentam uma visão superficial sobre a importância desta contribuição, o que reitera a deficiência de sua formação. As contribuições apontadas por eles são genéricas e pouco objetivas, como apontado na seguinte resposta:

P7Q1: “[...] apresentam importantes contribuições para a formação de docentes e pesquisadores”.

Na categoria “Importância da HFC” identificou-se a unidade de sentido “Construção do conceito”. Um dos professores responde que se deve contar a história sobre os conceitos científicos por ser importante ao conhecimento científico. Esta concepção indica uma compreensão equivocada sobre o uso da HC no ensino que é ratificada nos livros didáticos conforme a análise já realizada. Os livros trazem uma visão que pode ser classificada como superficialmente diacrônica da HC e não levam em consideração aspectos importantes da construção do conhecimento. Saito (2010), afirma que é necessário alterar a maneira como a HC vem sendo utilizada, pois esta apresenta ainda as mesmas características detectadas por Mortimer (1988) em um trabalho dedicado à análise de livros didáticos. Segundo Saito:

[...] a perspectiva historiográfica por trás das muitas histórias da ciência privilegia os resultados e não o processo da construção do conhecimento, transmitindo a idéia de conhecimento acabado e verdadeiro. Além disso, muitas destas histórias reduzem-se a biografias ou a conteúdos científicos dispostos linearmente, dando ênfase ao caráter heurístico dos objetos da ciência (SAITO, 2010, p. 5).

Apesar disso, alguns professores, sujeitos desta pesquisa, embora na sua maioria respondam que não sabem ou não foram formados para usar a HC no ensino, percebem a importância da mesma na compreensão do conhecimento científico:

P4Q1: “[...] são relevantes na construção e compreensão do conhecimento científico”.

Esta afirmação nos remete à necessidade de compreensão da “Natureza do conhecimento científico” para poder compreender os conceitos. Nesta perspectiva, alguns dos professores afirmam que a História e Filosofia da Ciência pode ser uma forma eficaz para facilitar a compreensão da estrutura da construção do conhecimento científico ao longo do tempo e sua estreita relação com o panorama social e econômico levando à compreensão da Natureza da Ciência de uma forma mais dinâmica:

P5Q1: “[...] revela os caminhos e as ações tomadas pelos cientistas até chegar aos conhecimentos científicos de hoje”.

Este é um dos motivos mais apontados na literatura para a inclusão da HC no Ensino de Ciências. Sob esta perspectiva a pesquisa tem indicado que é necessário que tenhamos clareza da natureza da construção do conhecimento científico que deve ser visto, principalmente no âmbito da Química, como provisório e baseado na elaboração de modelos explicativos para os fenômenos. Como ressalta Santos (2006):

[...] de acordo com Matthews, é preciso ensinar a história e filosofia da ciência para que o aluno possa estabelecer parâmetros entre o que existe e o passado, caracterizar o processo de produção do conhecimento como uma dinâmica de busca da compreensão da realidade e conhecer os aspectos e fatores que contribuíram para o surgimento e desenvolvimento do assunto que está sendo estudado (SANTOS, 2006, p. 24).

Ainda do ponto de vista da importância da HC, os professores apontam que seu uso em sala de aula “Facilita a aprendizagem”. Parece-nos que os professores reconhecem a utilidade da inclusão da HC na aprendizagem de conceitos e também do equilíbrio nas transformações químicas. Segundo o professor P9:

P9Q2: “Acredito que a compreensão histórica e filosófica da evolução da ciência pode facilitar o ensino e aprendizagem do equilíbrio nas transformações químicas”.

Na opinião de Oki e Moradillo (2008) o uso da HC no currículo de Ciências contribui significativamente para o ensino ressaltando que promove não apenas um enriquecimento curricular importante, mas liga os conhecimentos acadêmicos a situações cotidianas. Em suas palavras,

A História da Ciência é considerada conhecimento indispensável para a humanização da ciência e para o enriquecimento cultural, passando a assumir o elo capaz de conectar ciência e sociedade (OKI e MORADILLO, 2008, p. 69).

Assim, na opinião dos sujeitos de pesquisa, a utilização da HC no ensino se constitui em uma importante escolha que o professor deve fazer. Apesar de reconhecerem sua insuficiente formação para tal inclusão, os professores utilizam os mesmos argumentos indicados na literatura para justificar a necessidade de inclusão da perspectiva histórica no Ensino de Química. Percebe-se a compreensão da natureza do conhecimento científico e a possibilidade de facilitar a construção de conceitos são, para os professores as principais vantagens desta inclusão.

A segunda categoria aberta percebida diz respeito ao “Uso da HFC” pelos professores. Nesta categoria temos entre as unidades de sentido a possibilidade de o professor levar em consideração os “conhecimentos prévios” dos estudantes ao utilizar conhecimentos advindos da HC em sala de aula. O professor busca esclarecer como trabalha o conteúdo de Equilíbrio Químico, centrando esforços no processo de produção da amônia presente no currículo. Não é possível perceber se o professor valoriza a utilização da HC no levantamento dos conhecimentos prévios ou se faz o levantamento destes conhecimentos e os utiliza para introduzir conhecimentos históricos sobre o processo de produção da amônia. Nas palavras do professor:

P1Q6: “usei o currículo, conhecimentos prévios do aluno, história de Haber e da época na internet”.

A compreensão e o conhecimento das concepções espontâneas e dos conhecimentos prévios dos estudantes têm sido amplamente discutidos na literatura da área. Tanto o planejamento do professor quanto a atividade de ensino desenvolvida como a aprendizagem dos alunos estão vinculadas a como o professor considera estes conhecimentos presentes na estrutura cognitiva dos estudantes. Na opinião de Teodoro (2000),

O conhecimento das noções alternativas pode ser extremamente importante no processo, pois fornece ao professor informações sobre os modelos de explicação utilizados pelos estudantes, podendo servir inclusive como elemento de reflexão sobre os modelos alternativos que o próprio docente possuía (TEODORO, 2000, p.252-253).

Em relação à abordagem utilizada pelos professores ao planejar suas aulas sobre Equilíbrio Químico, percebe-se que tanto as aulas tradicionais quanto o planejamento e o material didático utilizado permanecem vinculados ao material fornecido pelo Estado (Cadernos do Professor e do Aluno) ou pelo Governo Federal (Livros do PNLEM). As aulas são expositivas e os livros utilizados são aqueles disponíveis na escola. Classificadas nas unidades de sentido “abordagem tradicional” e “utilização do planejamento presente no material didático adotado”, são representadas pelas seguintes respostas dos professores:

P2Q7: “Por meio de aulas expositivas/explicativas”.

P3Q6: “O próprio material da escola já disponibiliza a sequência correta em aula e capítulos”.

P4Q6: “De acordo com o currículo do Estado de São Paulo”.

Como necessidade formativa para o professor, a HC poderia então contribuir para evitar as distorções sobre a construção do saber científico, melhorar a compreensão dos professores sobre as diferentes perspectivas do processo de ensino e aprendizagem das ciências bem como produzir uma ação pedagógica mais fundamentada. De acordo com Martins (2007) os motivos pelos quais não é extensivamente utilizada em sala de aula estão visivelmente vinculados à dificuldade de inserção da HC, tanto nas aulas como nos livros didáticos, consequência de um processo de formação deficiente. Os professores receiam e tem dúvidas quanto ao planejamento e execução das aulas. Nas

palavras do autor sobre os resultados de uma pesquisa com professores de educação básica:

É relevante que, dentre os sujeitos que parecem refletir sobre os aspectos metodológicos, surjam dúvidas quanto ao planejamento e à execução das aulas, e um receio de deixá-las monótonas (nesse sentido, a questão do material didático passa para um segundo plano, uma vez que “como usá-lo” torna-se o ponto crucial). Os cursos de formação – inicial e continuada – de professores precisam levar isso em conta, pois de nada adianta o conhecimento do conteúdo (ainda que esse conteúdo seja o histórico e filosófico) sem o conhecimento pedagógico do conteúdo. Se quisermos contemplar a HFC no ensino médio, devemos trazer esse debate metodológico para os currículos das licenciaturas, buscando uma maior integração com outras áreas do conhecimento, como a Pedagogia e a História (MARTINS, 2007, p.127).

Se há dificuldades para esta inserção os professores entrevistados não se furtaram em assumi-las. Ao contrário da pesquisa realizada por Martins (2007), os professores entrevistados para este trabalho assumem claramente suas deficiências formativas informando que não tiveram contato com disciplinas que pudessem auxiliá-los no trabalho em sala de aula ou que a disciplina prevista no curso, fora insuficiente para atender as suas necessidades pedagógicas. Nas palavras de Martins (2007), nos resultados de sua pesquisa há:

[...] um número reduzido de respostas que atribuem as dificuldades aos próprios professores. Ainda para a maioria, a fonte dos problemas está fora de sua alçada: são os materiais, os vestibulares, as escolas, os alunos. A culpa é sempre do “outro”. É preciso fazer com que os professores percebam seu papel e sua responsabilidade nesse processo, trazendo esse debate e mostrando experiências concretas nos cursos de formação (MARTINS, 2007, p.128).

Somente um dos professores afirma fazer uso de HC em suas aulas, o que representa uma pequena parcela dos professores entrevistados. Entretanto, não há na resposta deste sujeito, evidências de que ele compreenda a importância, possibilidades e potencialidades desta inclusão em suas aulas. Apesar de a pesquisa continuar afirmando que as bases epistemológicas para a inserção da HFC ainda necessitam de investimento em pesquisa (CASTRO e CARVALHO, 1992; SAITO, 2010) muitas são as contribuições já evidenciadas nesta área. Castro e Carvalho (1992) já indicavam que:

[...] a história propicia uma aproximação no plano da linguagem, das razões, dos motivos que vai facilitar a entrada no universo requintado da ciência, evidenciando a contribuição da história na compreensão dos mecanismos da própria ciência. O contato, ainda que limitado, com o conhecimento do processo de elaboração faz com que as características próprias ao saber científico apresentem-se com mais clareza para os alunos (CASTRO e CARVALHO, 1992, p.234).

Ao questionamento sobre a inclusão da HC no ensino dos conceitos relativos ao Equilíbrio Químico, as respostas dos professores encaminharam à categoria aberta “características da HFC utilizada pelos professores”. Percebe-se que a maioria dos professores apresenta uma concepção de HC que tenha características externalistas, que permanece vinculada ao histórico da produção da amônia e ao processo de Haber Bosch. As respostas dos professores indicam que estes fazem uso apenas das informações presentes nos livros didáticos, confiando nas informações ali disponibilizadas, sem buscar informações mais completas e diversificadas sobre o assunto. Um dos professores afirma que “conta” a história,

PIQ7: “De como surgiu a necessidade de se fabricar amônia e conto toda a História que estávamos em guerra que a amônia é uma substância importantíssima para a economia de um país, pois está presente em fertilizantes e armamento. Que o Chile era quem detinha a maior parte deste minério e era quem detinha o poder sobre ele”.

As concepções ingênuas sobre a HC e seu uso no ensino vêm sendo modificadas pelos resultados da pesquisa. A Ciência não pode ser considerada uma forma de conhecimento superior e que não é afetado pelas imposições do ambiente econômico e social e nem por outro lado como “discurso ideológico da sociedade onde se desenvolveu, sem nenhum valor objetivo” (MARTINS, 2006, p. 10). Assim, segundo o autor,

Nos últimos cinquenta anos, o trabalho dos historiadores da ciência demoliu certas concepções ingênuas sobre as ciências e nos abriu os olhos para podermos ver o que de fato ocorre na pesquisa científica. Infelizmente esse novo conhecimento ainda não se difundiu adequadamente. Talvez seja agora o momento adequado para introduzi-lo na educação científica em todos os níveis – começando pela formação dos docentes e do pessoal de nível superior para poder atingir depois outros níveis de educação e uma população mais ampla (MARTINS, 2006, p. 10).

Não basta advogarmos a inserção da HC na formação de professores, sem antes buscarmos uma formação na área para os formadores. Estes também não foram expostos em seu processo formativo a propostas que incluíssem aspectos da HC, durante sua graduação e muito pouco, provavelmente, em sua pós-graduação.

Os professores reconhecem também que há uma “abordagem superficial” da HC nos livros didáticos utilizados por eles. Os livros, segundo sua opinião, apresentam apenas breves discussões sobre a HC:

P5Q4: “Todas as abordagens na minha opinião são muito superficiais”.

P7Q4: “Alguns livros apresentam breves discussões sobre história e filosofia da ciência [...]”.

Os professores, apesar de terem recebido uma formação incipiente em HC, percebem as deficiências presentes no livro didático de maneira a compreenderem que falta uma abordagem histórica mais aprofundada e relacionada a outras questões como a vertente filosófica.

É característica dos manuais científicos conterem apenas um pouco de história, seja um capítulo introdutório, seja como acontece mais frequentemente, em referências dispersas aos grandes heróis de uma época anterior. Através dessas referências, tanto os estudantes como os profissionais sentem-se participando de uma longa tradição histórica. Contudo, a tradição derivada dos manuais, da qual os cientistas sentem-se participantes, jamais existiu. Por razões ao mesmo tempo óbvias e muito funcionais, os manuais científicos (e muitas das antigas histórias da ciência) referem-se somente àquelas partes do trabalho de antigos cientistas que podem facilmente ser considerados como contribuições ao enunciado e à solução dos problemas apresentados pelo paradigma dos manuais (KUHN, 1994, p.175).

Os livros escolares também não modificaram o habitual enfoque ambiental fragmentado, estático, antropocêntrico, sem localização espaço-temporal. Tampouco substituíram um tratamento metodológico que concebe o aluno como ser passivo, depositário de informações desconexas e descontextualizadas da realidade (MEGID NETO e FRACALANZA, 2003, p. 151).

Outros professores indicam que os livros utilizados por eles para o planejamento de suas aulas não incorporam HC para tratar o conceito de Equilíbrio Químico. O que pode ser confrontado com a análise realizada nos livros didáticos

utilizados no Ensino Médio, que mostra que eles incorporam sim alguns diferentes tipos de abordagens históricas, contendo informações biográficas de cientistas, relacionando com o contexto científico do período em que a pesquisa do cientista foi realizada, informações em formato de curiosidades ou inseridas ao longo do texto, sempre contextualizadas com o conceito que está sendo abordado nos livros. Infelizmente estas se apresentam na forma de informações superficiais e pouco críticas. Na fala dos professores:

P6Q4: “Os atuais utilizados não incorporam a História e filosofia da ciência nas perspectivas”.

Vidal e Porto (2012), discutindo as abordagens históricas que seriam necessárias aos livros didáticos, indicam que não se espera que estes sejam utilizadas em todos os capítulos e para todos dos conceitos abordados. Além disso, normalmente as biografias dos pensadores não precisam ser detalhadas e extensas. Para os autores, a coerência, exatidão das informações além da abordagem aprofundada de alguns conceitos do ponto de vista histórico pode ser melhor aproveitada por alunos e professores no processo de ensino e aprendizagem. Livros didáticos que tratem a HC de forma equilibrada podem favorecer a construção de uma imagem da natureza da ciência, mais próxima da real, fazendo com que os alunos a percebam como um empreendimento socialmente construído. Nas palavras dos autores:

Acreditamos, como Allchin (2004) e Martins (2006), entre outros autores, que a abordagem de um único estudo de caso, de maneira aprofundada, é mais útil para a construção de uma imagem apropriada do empreendimento científico, do que dezenas de simples menções a nomes e datas. Ou seja, se os autores de livros didáticos pretendem incorporar a história da ciência em seus livros, não deveriam se preocupar em inserir grande quantidade de informações pontuais, mas em desenvolver estudos de casos adequados aos objetivos que se pretende alcançar com o ensino de ciências (VIDAL e PORTO, 2012, p. 304).

Por fim, analisar a maneira como os professores acreditam ser possível inserir HC em suas aulas é necessário para compreender quais são suas concepções e gerar subsídios para a proposição de unidades didáticas que contemplem inserção da HC no ensino do conceito de Equilíbrio Químico ou ainda propostas formativas capazes de superar os obstáculos percebidos.

Na categoria aberta “como utilizar a HC no ensino” os sujeitos discutem as opções pedagógicas para a sala de aula indicando em primeiro lugar que a inserção pode “guiar uma atividade”. Assim, o professor acredita que a HC pode favorecer a construção do conhecimento a partir da aproximação teoria-prática e do reconhecimento de erros e acertos propiciados pela compreensão da natureza provisória da Ciência.

P7Q1: “Podem fornecer embasamento teórico/prático para guiar uma atividade a ser desenvolvida, indicando erros e acertos, nos exemplos”.

Para os professores, o uso da HC no ensino também pode levar à “compreensão da sociedade”, pois pode facilitar a percepção do conhecimento científico como produção coletiva, colaborativa e sujeita a percalços, e constantes reavaliações.

P9Q1: “Penso ser importante o conhecimento da evolução das ciências, para termos a consciência de onde partimos que foi necessária muita pesquisa e trabalho a partir de curiosidades de filósofos e cientistas para chegar onde estamos hoje”.

Assim, ao conceber o conhecimento científico em sua provisoriedade pode-se propor situações desafiadoras aos alunos, colocando-os na posição de elaborar hipóteses, testá-las, corroborando ou refutando suas hipóteses num processo dinâmico de construção do conhecimento possível através da aprendizagem de conceitos científicos. Segundo Santos (2006),

Não restam dúvidas de que os conteúdos de ciências encerram oportunidades enriquecedoras no processo ensino/aprendizagem, pois o professor pode usar estratégias didático-pedagógicas por meio de questionamentos para motivar a participação do educando na resolução de situações-problema, favorecendo, assim, a construção de seu aprendizado (SANTOS, 2006, p. 17-18).

Os professores afirmam também que a HC pode promover a “contextualização” do conhecimento científico, pois ao utilizá-la é necessário levar em consideração aspectos sociais e econômicos, além das questões ambientais. Entretanto, o termo “contextualização” está longe de consenso na área. Wartha, Silva e Bejarano (2013) indicam que o termo começou a ser utilizado no Brasil a partir dos Parâmetros Curriculares Nacionais e que podemos encontrar na literatura propostas diversas para

sua significação. Em relação aos professores e sua concepção sobre o termo, os autores citam uma pesquisa realizada por Santos e Mortimer que apresentam três diferentes compreensões. Segundo os autores:

Santos e Mortimer (1999), ao analisarem as concepções de um grupo de professores a respeito de sua apropriação do termo contextualização no ensino de química, identificaram três diferentes entendimentos: i) contextualização como estratégia para facilitar a aprendizagem; ii) como descrição científica de fatos e processos do cotidiano do aluno; e iii) como desenvolvimento de atitudes e valores para a formação de um cidadão crítico. Os autores apontaram que grande parte dos professores pesquisados entende a contextualização como uma descrição científica de fatos e processos do cotidiano do aluno (WARTHA, SILVA e BEJARANO, 2013, p.87).

Parece-nos que, para os sujeitos desta pesquisa, o termo “contextualização” remete à “descrição científica de fatos e processos do cotidiano do aluno”, indicando que os professores acreditam que ao usar a HC no ensino dos conceitos farão a contextualização dos mesmos através de sua aproximação aos conhecimentos cotidianos.

P10Q2: “Questões ambientais podem ser amplamente discutidas”.

P1Q2: “tento sempre fazer a contextualização da História e economia [...]”

Por outro lado, alguns professores afirmam não fazer uso da HC nas atividades de ensino por “falta de tempo”. Para os professores, priorizar os conteúdos “básicos” torna-se essencial, uma vez que o número de aulas de Química é muito pequeno, e inserir a HC inviabilizaria o desenvolvimento do currículo oficial, obrigatório nas escolas. Martorano (2012) relata por meio de sua pesquisa que:

[...] os professores indicam que o tempo de duração de uma aula, assim como o número de aulas, é insuficiente para se trabalhar com uma abordagem histórica dos conceitos químicos (MARTORANO e MARCONDES, 2012, p. 27).

P10Q7: “[...] então estamos sempre correndo com o currículo”.

P5Q6: “Na rede estadual [...] priorizo os conteúdos mais básicos”.

Os dados analisados indicam que os professores compreendem a importância da História e Filosofia da Ciência para a construção do conhecimento científico e a necessidade de seu uso em aulas do tema Equilíbrio Químico, acreditando que assim se facilita a aprendizagem dos alunos, uma vez que proporciona uma aproximação do fazer Ciência, mostrando que os conceitos aceitos atualmente foram resultado de muita pesquisa ao longo do tempo e que diversos fatores, como o econômico, cultural e geográfico, influenciaram o desenvolvimento científico.

Outra questão importante apontada é que com o uso da HFC os alunos percebem que os conceitos são frutos de uma construção coletiva e colaborativa e não se constituem em conhecimentos absolutos e inquestionáveis. A Ciência tem um caráter provisório e está sujeita às limitações impostas por seu caráter humano.

A formação a que os professores foram submetidos em sua graduação parece ter sido insuficiente em relação à História e Filosofia da Ciência. Os professores não se sentem preparados para inserir em suas aulas os conhecimentos científicos apoiados em sua construção histórica. Alguns professores afirmam que apenas uma disciplina foi ofertada ao longo do curso superior, e que esta foi insuficiente, tanto em termos de quantidade quanto de qualidade, não fornecendo subsídios suficientes para a inclusão da HC em suas aulas.

Os livros didáticos que os professores utilizam trazem a HC de maneira sucinta, descritiva, em ordem cronológica, e apesar de trazerem dados relativos ao contexto de desenvolvimento dos conceitos, não permitem que os professores enriqueçam suas aulas.

Outra questão associada ao pouco uso da HC alegada pelos professores está no tempo de aula na rede pública estadual, considerado por eles muito escasso, como um fator que dificulta na busca por alternativas para utilizar a HC no ensino do conteúdo de Equilíbrio Químico. A maioria dos professores cita o processo de Haber-Bosch, que segundo eles é apresentado do ponto de vista histórico no caderno do aluno, vinculando o processo de produção, de obtenção da amônia, ao contexto histórico e social da época.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Respondendo às questões elaboradas no início desta pesquisa é possível salientar que os resultados neste trabalho sugerem necessidade de adequação na maneira como as aulas são preparadas tanto no Ensino Superior como no Ensino Médio, para que haja a inclusão da História do conceito de Equilíbrio Químico no contexto da construção do conhecimento científico. Novas estruturas propõem uma melhoria neste âmbito, melhorias que podem propiciar a produção de sequências didáticas mais eficazes, além de uma avaliação na perspectiva do contexto formativo, seja ele em qualquer nível, incluindo a formação de professores.

O bom conhecimento do conteúdo de Química é essencial para a aplicação da HC, bem como o conhecimento sobre os conteúdos, e deve ser oferecido nos cursos de licenciatura para que realmente os professores se sintam preparados e conheçam o processo da construção científica dos principais conceitos da Química. Os professores declaram não estar preparados para incluir uma abordagem histórica em suas aulas devido não terem sido formados durante a graduação na licenciatura com tal ênfase. Pode-se supor então que não apenas os professores de educação básica, mas também a maioria dos formadores de professores apresentam uma formação precária no uso da HC no ensino.

A análise das concepções e compreensões que os professores possuem a respeito da inserção de abordagens históricas, por meio das análises das respostas dos professores ao questionário, levaram à algumas implicações que devem ser ponderadas: os professores se dizem sem preparo para lecionar aulas incluindo a abordagem histórica, deficiência essa causada principalmente pela insuficiência da formação inicial, na licenciatura.

Para utilizar a HC estes professores utilizam os textos históricos contidos nos livros didáticos, que deixam de contemplar fatores como: as bases que os cientistas utilizaram para os seus estudos, a evolução dos conceitos até os modelos atuais, algumas fontes originais adaptadas ao ensino, como escritos e imagens de experimentos referentes à estruturação dos conceitos.

Entretanto, há aspectos que devem ser abordados e já estão contidos nos livros, como a situação econômica, política e social do período em que os conceitos e processos foram desenvolvidos e que contextualizam a visão de Ciência para os

professores, a nacionalidade e o período em que os cientistas viveram e desenvolveram seus estudos. Os professores, ao apresentarem uma formação mais aprofundada no uso da HC, poderiam utilizar as informações presentes nos livros, aprofundando-as e levando os alunos à compreensão das limitações presentes em cada conceito.

Uma das possíveis causas para a dificuldade de os professores modificarem sua postura pedagógica com relação ao uso de HC no ensino do conceito de Equilíbrio Químico está no fato de os livros apresentarem uma abordagem histórica em formato de curiosidades. Os professores que elaboram suas aulas podem apresentar dificuldades em adaptar a referência histórica aos conceitos ali elaborados.

Os questionários respondidos pelos professores nos mostraram a importância de livros e matérias didáticos, utilizados como fonte para os planejamentos das aulas, apresentarem temas relacionados à HC, para que os professores que não tiveram este preparo na graduação sejam capazes de subsidiar a construção dos planos de aula.

Entretanto, apenas a História da Ciência presente nestes livros não é suficiente, pois não há história dos conceitos de forma aprofundada e em sua diversidade. A maioria dos aspectos encontrados durante a reconstrução histórica realizada nesta pesquisa são omitidos nos materiais analisados. Entretanto, a história contida nestes materiais supera a historiografia utilizada pelos professores, que dizem omitir este enfoque na maioria de suas abordagens, não aproveitando o material histórico, que, apesar de insuficiente, é oferecido nos materiais didáticos, mesmo os professores reconhecendo a importância de tal enfoque.

Os livros didáticos apresentam em sua maioria as mesmas características de abordagens históricas do conceito de Equilíbrio Químico. Segundo Fracalanza,

[...] a padronização apresentada pelos compêndios didáticos reforça o padrão escolar que temos e, conseqüentemente, tanto dificulta a prática de alternativas a uma outra organização das escolas, quanto reduz as possibilidades de atender as propostas das novas orientações curriculares (FRACALANZA e MEGID NETO, 2006, p. 185).

O princípio de Le Chatelier, nos livros didáticos, é a ferramenta para prever possíveis alterações em sistemas em Equilíbrio Químico. Do ponto de vista histórico, foram encontrados nos livros didáticos analisados alguns aspectos que contribuem para a construção de uma imagem deste princípio de maneira relativamente simples, universal e infalível.

É importante salientar que os livros didáticos servem de base para uso metodológico educacional. Canzian e Maximiano (2010) verificaram em seu trabalho, confirmando a análise realizada aqui, que os livros didáticos, geralmente apresentam os enunciados do Princípio de Le Chatelier de forma geral e concisa, utilizando termos simplificados, podendo levar os alunos a apresentarem uma concepção errônea sobre o um sistema em Equilíbrio Químico, reduzindo-o a uma generalização memorística.

A elaboração de planos de formação inicial e continuada deve privilegiar os conhecimentos que os professores possuem a respeito de HC, a fim de ultrapassá-los favorecendo seu enriquecimento e aprofundamento.

O conceito de Equilíbrio Químico pode ser trabalhado em aulas que tragam o conhecimento histórico e evolutivo da construção dos conceitos, trazendo para a sala de aula não apenas o processo de síntese da amônia, um processo que já é conhecido pela maioria dos professores, mas focalizando seu contexto histórico geralmente superficializado, de acordo com os relatos presentes nas respostas ao questionário.

Por meio das concepções relatadas pelos professores sobre o pouco conhecimento sobre o tema, percebe-se a deficiência na formação inicial que estes professores apresentam, havendo, portanto, uma necessidade da modificação das propostas formativas na licenciatura, para que as mesmas incorporem HC em suas abordagens. Em outros relatos percebe-se que professores, em concordância com as referências levantadas, que eles compreendem a importância do uso de HC no ensino.

Com base nas análises dos livros didáticos e nos relatos dos professores observa-se a necessidade de as propostas pedagógicas ultrapassarem material adotado na escola, buscando novos subsídios para a utilização mais profunda de HC.

Os livros didáticos possuem fundamentos de HC, mas as abordagens são superficiais e acabadas, não incorporando aspectos da evolução do conceito científico e deveriam englobar outras questões históricas nas suas abordagens além das situações econômicas do período e nacionalidade dos cientistas.

Acreditamos, portanto, que o principal êxito para que os professores utilizem HC é o conhecimento a respeito do tema, bem como sua importância. Os professores compreendem as suas características sem terem o preparo para tal abordagem, consistindo em um obstáculo a menos na inserção deste tema em suas aulas, caracterizando um passo mais próximo à utilização de História da Ciência nas aulas de Equilíbrio Químico.

REFERÊNCIAS

ANDRÉ, M. Pesquisas sobre formação de professores: tensões e perspectivas do campo. **Formação de Professores, Culturas: desafios à Pós-graduação em Educação em suas múltiplas dimensões**. Rio de Janeiro: ANPEd Nacional, p. 25-26, 2011.

ARAÚJO, M. C. e 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**. Volume 11, p. 91-129, 2015.

Angewandte Books Chemie. **Angew. Chem. Int. Ed.** 2005, 44, 3957 – 3961 2005. Acesso em: 25/01/2016. Disponível em: http://www.fhi-berlin.mpg.de/mp/friedrich/PDFs/ACh_Haber_44.3957.2005.pdf

BARDIN, L. **Análise do Conteúdo**. Edições 70, Lisboa, 1977.

BELTRAN, M. H. R. História da Química e Ensino: estabelecendo interfaces entre campos interdisciplinares. **Abakós**, Belo Horizonte, v. 1, n. 2, p. 67 – 77 , maio 2013 – ISSN:2316–9451

BELTRAN, M. H. R.; SAITO, F. e TRINDADE, L. S. P. História da ciência: tópicos atuais. São Paulo: **CAPES/LF**; 2010.

BENSAUDE-VINCENT, B.; STENGERS, I. **História da Química**. Instituto Piaget, 1996.

BERMUDEZ, G. M. A.; DE LONGHI, A. L. Niveles de comprensión del equilibrio químico en estudiantes universitarios a partir de diferentes estrategias didácticas. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. Vol 10, nº 2, p. 264-288, 2011.

BERTELLE, A.; ROCHA, A.; CASTINEIRAS, J. M. D. Análisis de las discusiones de los estudiantes en una clase de laboratorio sobre el equilibrio químico. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias** 11(2), 114-134, 2014.

BRASIL, 1971. Lei de Diretrizes e Bases no 5.692/71, **Presidência da república**, casa civil, subchefia para assuntos jurídicos, Brasil, 1971.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros curriculares nacionais: introdução aos parâmetros curriculares nacionais / **Secretaria de Educação Fundamental**. – Brasília: MEC/SEF, p. 126, 1997.

BRASIL, MEC. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Brasília: MEC/SEMTEC, p.17, 1999.

BRASIL, 2014. Guia de livros didáticos : PNLD 2015 : química : ensino médio. – Brasília : **Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica**, 2014.

CAMARGO, I. J. B. Experiências ordinárias para refletir sobre o cotidiano escolar In: CAMARGO, A. M. F.; MAIGUELA, M. (org.). **Cotidiano escolar – emergência e invenção**. Piracicaba, SP: Jacintha Editora, 2007.

CAMPOS, R. C.; GOUVEIA, J. A. A História da Química contada por suas descobertas. Acesso em: 25/10/2015. Disponível em: http://web.ccead.puc-rio.br/condigital/mvsl/Sala%20de%20Leitura/conteudos/SL_a_historia_da_quimica_contada_por_suas_descobertas.pdf

CANZIAN, R. Análise do princípio de Le Chatelier em livros didáticos de química. Dissertação, USP, Faculdade de Educação, São Paulo, 2011.

CANZIAN, R.; MAXIMIANO, F. A. Princípio de Le Chatelier O Que Tem Sido Apresentado em Livros Didáticos? **Química Nova na Escola**, vol. 32, nº 2, maio, 2010.

CAVALCANTI, R. R. G. Desenvolvimento e aplicação de um método de análise de mapas conceituais com o objetivo de acompanhar mudanças na compreensão de um grupo de alunos sobre o tema Equilíbrio Químico. Dissertação, USP, **Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências**, Modalidade Química, São Paulo, 2011.

CASTRO, R. S. e CARVALHO, A. M. P. História da ciência: investigando como usá-la num curso de segundo grau. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, Florianópolis, v.9, n.3: p.225-237, dez.1992.

CHASSOT, A. I. **Para que(m) é útil o ensino?** Canoas: Editora da ULBRA, 1995.

CUNHA, A. M. O.; KRASILCHIK, M. A formação continuada de professores de Ciências: percepções a partir de uma experiência. **XXIII ANPED**. 2010.

ERBEN, M. Dificultades en la superación de errores conceptuales relacionados con el aprendizaje del equilibrio químico en alumnos universitarios. **Universitas Scientiarum**, vol. 7, nº 1, 2002, p. 61-65.

FERNANDES, M. A.; PORTO, P. A. INVESTIGANDO A PRESENÇA DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA EM LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA GERAL PARA O ENSINO SUPERIOR. **Química Nova**, vol. 35, nº 2, p. 420-429, 2012.

FORATO, T. C. M.; MARTINS, R. A.; PIETROCOLA, M. Prescrições historiográficas e saberes escolares: alguns desafios e riscos **Atas do VII ENPEC**, p. 2, Nov. 2009.

FRACALANZA, H.; MEGID NETO, J. **O livro didático de Ciências no Brasil**. Campinas, Editora Komedi, 2006.

FREITAS, D.; VILLANI, A. Formação de professores de ciências: um desafio sem limites. 2002. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 3. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol7/n3/v7_n3_a3.htm>. Acesso em: 08 nov. 2014.

- GARCÍA, M. C. Desenvolvimento Profissional Docente: passado e futuro. *Revista de Ciências da Educação*, 08, pp. 7-22, 2009.
- GATTI, B. A. Licenciaturas: crise sem mudança? *ENDIPE*, 15, Belo Horizonte, abr. 2010. Belo Horizonte: Autêntica, p. 485-508, 2010a.
- GATTI, B. A. FORMAÇÃO DE PROFESSORES NO BRASIL: CARACTERÍSTICAS E PROBLEMAS. *Educ. Soc.*, Campinas, v. 31, n. 113, p. 1355-1379, out.-dez. 2010b.
- GAUTHIER, C. Por uma Teoria da Pedagogia. Ijuí: Unijuí, 1998.
- GIBIN, G. B., KILL, K. B., FERREIRA, L. H. Categorização das imagens referentes ao tema equilíbrio químico nos livros aprovados pelo PNLEM. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. Vol.8, nº2, p.720, 2009.
- GILBERT, J. K.; BOULTER, C. J. Developing models in Science Education. Dordrecht: Kluwer, 2000.
- GOMES, J. N.; MAXIMIANO, F. A. O que aprendem os ingressantes de um curso de graduação em química a respeito do equilíbrio químico? **Atas do VIII ENPEC**, 2011.
- GOODAY, G. Does science education need the history of science? *Isis*, vol. 99, n. 2, p. 322–330, June 2008.
- HERNANDO, M., FURIÓ, C., HERNANDEZ, J.; CALATAYUD, M. L. Comprensión del equilibrio químico y dificultades en sua aprendizagem. **Enseñanza de las Ciencias**, nº extra, p. 111-118, 2003.
- HOLMES, F.L. **From elective affinities to chemical equilibria: Berthollet's law of mass action**. Harvard University, 1962, p. 105-145.
- JOHNSTONE, A.; MACDONALD, J. e WEBB, G. Chemical equilibrium and its conceptual difficulties. **Education in Chemistry**, 14, 169-171, 1977
- KLEIN, M. J. Use and Abuse of Historical Teaching in Physics, **History in the Teaching of Physcs**, University Press of New England, Hanover. 1972.
- KRAGH, H. **Introdução à Historiografia da Ciência**. Porto Editora, Portugal, 2001.
- KUHN, T. S. **A Estrutura das Revoluções Científicas** (1962). São Paulo: Perspectiva, 1994.
- LABURÚ, C. E. Seleção de experimentos de física no ensino médio: uma investigação a partir da fala de professores. **Investigações em Ensino de Ciências**, vol. 10, n. 2, p. 161-178, 2005.
- LEITE, L. History of Science in Science Education: Development and Validation of a Checklist for Analysing the Historical Content of Science Textbooks. **Science & Education**. 11: 333–359, 2002.

- LOPES, A. C.; **Conhecimento Escolar: Ciência e Cotidiano**, ed. UERJ: Rio de Janeiro, 1999.
- LOPES, A. C. **Currículo e Epistemologia**, Ijuí: Editora Unijuí, 2007.
- MAAR, Juergen H. **História da Química**. Conceito Editorial, Florianópolis, v.1, 2008.
- MACH, E. **The Science of Mechanics**, The Open Court Publishing Company, LaSalle II, p. 316, 1883/1960.
- MACHADO, A. H., ARAGÃO, R. M. R. Como os estudantes concebem o estado de equilíbrio químico. **Revista Química Nova na Escola**, n.4, nov. 1996, p. 18-20.
- MACH, E. **The Science of Mechanics**, The Open Court Publishing Company, LaSalle II, p. 316, 1883/1960.
- MAGALHÃES, B. L. A. e COSTA, A. M. A. O Flogisto na Gênese das Teorias de Lavoisier. **Bicentenário: Química**, 53, p. 9-14, 1994.
- MARQUES, D. M. Dificuldades e possibilidades da utilização da História da Ciência no Ensino de Química: um estudo de caso com professores em formação inicial. **tese**, Unesp, Faculdade de Ciências, Bauru, 2010.
- MARTINS, A. História e filosofia da ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física** 24 (1), p. 112-131, 2007.
- MARTINS, R. A. A História das Ciências e seus usos na Educação. In: SILVA, C. C. (org.) **Estudos de História e filosofia da Ciência: subsídios para a aplicação no ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.
- MARTORANO, S. A. A.; MARCONDES, M. E. R. Investigando as ideias e dificuldades dos professores de química do ensino médio na abordagem da história da química. **História da Ciência e Ensino: Construindo Interfaces**. Volume 6, p. 16-31, 2012.
- MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual da reaproximação. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, v. 12, n. 3, p. 164-214, dez. 1995.
- MEGID NETO, J.; FRACALANZA, H. O livro didático de ciências: problemas e soluções. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 147-157, 2003.
- MILAGRES, V.; JUSTI, R. Modelos de ensino de equilíbrio químico: algumas considerações sobre o que tem sido apresentado em livros didáticos no Ensino Médio. **Química Nova na Escola**, 13, 41, 2001.
- MORTIMER, E. F. A evolução dos livros didáticos de química destinados ao ensino secundário. **Em Aberto**, Brasília, ano 7, n. 40, out./dez. 1988, p.37 e 39.
- MUNFORD, D.; LIMA, M. E.. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Vol. 9, No 1. 2007.

NOVOA, A. Formação de professores e profissão docente. In : NÓVOA, A. (Org.) Os professores e sua formação. Lisboa: Dom Quixote, p.31, 1992.

NÓVOA, A. Nada substituí um bom professor: propostas para uma revolução no campo da formação de professores. In: GANI, B. [et al.] (Orgs.) Por uma política de formação de professores. São Paulo: Editora da UNESP, 2013.

OKI, M. C. M., MORADILLO, 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.

OLIVEIRA, D. C. Análise de Conteúdo Temático-Categorial: uma proposta de sistematização. **Rev. Enferm. UERJ**, Rio de Janeiro, 569-576, out/dez, 2008.

PARTINGTON, J. R. **A history of chemistry**. MacMillan, Londres, 1970.

PESSOA, O. J. Quando a Abordagem Histórica deve ser usada no Ensino de Ciências? **Ciência e Ensino**, 1, 1996.

QUÍLEZ, J. A historical approach to the development of chemical equilibrium through the evolution of the affinity concept: some educational suggestions. **Chemistry Education: Research And Practice**, 2004, Vol. 5, No. 1, pp. 69-87

QUÍLEZ-PARDO, J.; SOLAZ-PORTOLÉS, J. J., V. Evolución histórica del principio de le chatelier. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, v. 12, n. 2: p. 123-133, ago. 1995.

QUÍLEZ-PARDO, J.; SOLAZ-PORTOLÉS, J. J.; CASTELLÓ HERNÁNDES, M.; SANJOSÉ LÓPEZ, V. La necesidad de un cambio metodológico en la enseñanza del equilibrio químico: limitaciones del principio de Le Chatelier. *Investigación y Experiencias Didácticas*. **Enseñanza de las ciencias**. 11 (3), p. 281-288, 1993.

RAVIOLO, A.; MARTÍNEZ AZNAR, M. Una revisión de las concepciones alternativas de los estudiantes en relación con el equilibrio químico. Clasificación y síntesis didácticas. **Educación Química**, 14, p. 60-66, 2003.

ROCHA, A. L.; GARCIA, E.; FERNANDEZ, R.; CASTIÑEIRAS, J. M. D. Dificultades em el aprendizaje del equilibrio químico. **ADAXE, Revista de Estudios e Experiencias Educativas**. Vol. 16, p.163-168, 2000.

SABADINI, E.; BIANCHI, J; C; de A. Ensino do Conceito de Equilíbrio Químico: Uma Breve Reflexão. **Química Nova na Escola**, nº25, maio, 2007, p. 10-13.

SAITO, F. História da Ciência e Ensino: em busca de diálogo entre historiadores e educadores. **História da Ciência e Ensino: Construindo interfaces**, 2010, p. 1-6.

SANTOS, C. H. V. História e filosofia da ciência nos livros didáticos de biologia do ensino médio: análise do conteúdo sobre a origem da vida. Dissertação, **Universidade Estadual de Londrina**, Londrina, Paraná, 2006.

SÁ-SILVA, J. R. Pesquisa documental: pistas teóricas e metodológicas. **Revista Brasileira de História & Ciências Sociais**. Ano I - Número I, p. 2-4, Julho de 2009.

SAVIANI, D. **Formação de professores no brasil: dilemas e perspectivas**. Poíesis, v.9, n.1, p.07-19, 2011.

SÃO PAULO. Caderno do aluno da rede pública estadual do Estado de São Paulo. **Secretaria da Educação**, 3ª série, volume 1, Ensino Médio, 2009a.

SÃO PAULO. Caderno do professor da rede pública estadual do estado de São Paulo. **Secretaria da Educação**, 3ª Série, volume 1, Ensino Médio, 2009.

SCHNETZLER, R.P. A Pesquisa em Ensino de Química no Brasil: Conquistas e Perspectivas. **Química Nova**, v. 25, n. 1, 2002, p. 14-24.

SCHNETZLER, R. P. O professor de Ciências: problemas e tendências de sua formação. In: SCHNETZLER, R.P.; ARAGÃO, R. M. R. de (orgs). **Ensino de Ciências: fundamentos e abordagens**. Piracicaba, CAPES/PROIN/UNIMEP, 2000, p. 12-41.

SILVA, R. M. G. Abordagem de conceitos sobre equilíbrio químico nos processos seletivos para o ingresso no ensino superior. **Atas do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciência**, p.4, 2011.

SILVA, V. F.; BASTOS, F. Formação de Professores de Ciências: reflexões sobre a formação continuada. **ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v.5, n.2, p.150-188, 2012.

TAVARES, L. H. W. Os tipos de abordagem histórica no ensino: Algumas possibilidades encontradas na literatura. **História da Ciência e Ensino, Construindo Interfaces**. Volume 2, p. 14-24, 2010.

TEIXEIRA JÚNIOR, J. G.; SILVA, R. M. G. Investigando a temática sobre equilíbrio químico na formação inicial docente. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. Vol.8 nº2, 2009.

TEODORO, S. R. A história da ciência e as concepções alternativas de estudantes como subsídios para o planejamento de um curso sobre atração gravitacional. **Dissertação (mestrado)**, Faculdade de Ciências, UNESP. Bauru: 2000. Disponível em: http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/90897/teodoro_sr_me_bauru.pdf?sequence=1&isAllowed=y

VASCONCELOS, S. D.; SOUTO, E. O livro didático de ciências no ensino fundamental – proposta de critérios para análise do conteúdo zoológico. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 1, p. 93-104, p. 94, 2003.

VERZOTO, J. C. Contexto histórico e reflexões didáticas no processo de ensino/aprendizagem do conceito de equilíbrio químico. **Dissertação**, Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Química, 2008.

VIDAL, P. H. O.; PORTO, P. A. A história da ciência nos livros didáticos de química do PNLEM 2007. **Ciência & Educação**, v. 18, n. 2, p. 291-308, 2012.

WARTHA, E. J.; SILVA, E. L. da; BEJARANO, N. R. R. Cotidiano e Contextualização no Ensino de Química. **QUÍMICA NOVA NA ESCOLA**. Vol. 35, Nº 2, p. 84-91, MAIO 2013.

APÊNDICES

APÊNDICE A. TRANSCRIÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS DOS PROFESSORES

Quadro 12. Questão 1 do Questionário da pesquisa.

	Qual a sua compreensão sobre História e Filosofia da Ciência?
Professor 1	Minha compreensão é muito pequena. Na verdade tenho a ideia de que a História é importantíssima para o conhecimento científico e devemos contar um pouco da História sobre os conceitos científicos.
Professor 2	Na verdade, não muito. Pois o que obtive conhecimento durante a minha graduação foi muito superficial.
Professor 3	Em relação à História e Filosofia da Ciência, assunto mais abrangente, quase não possuo conhecimentos. Claro que existem alguns que foram mencionados pelos professores ao longo da minha vida estudante. O que tenho mais conhecimento é sobre história da química. No primeiro semestre da faculdade estudei alguns cientistas famosos como Dalton, Curie, Joseph Black, Cavendish (físico). Recordo-me das teorias do flogístico, Pedra filosofal.
Professor 4	Minha compreensão é que ambas são relevantes na construção e compreensão do conhecimento científico. Elas podem ter um papel facilitador na aprendizagem científica do aluno.
Professor 5	A história e filosofia da ciência nos mostra e nos revela os caminhos e as ações tomadas pelos “cientistas” até chegar aos conhecimentos científicos de hoje. As chamadas quebras de paradigmas, apresentado por Thomas Kuhn ilustra muito bem esse rompimento com conceitos anteriores, na qual, o professor deve se apoderar de tais rompimentos para ensinar aos seus alunos que a ciência nunca está pronta e acabada. Ela se apresenta como um conhecimento dinâmico e em constantes adequações. Ainda podemos citar a importância de estudar experimentos e modelos que foram sendo utilizados ao longo do tempo para que hoje possamos compreender nossas tecnologias e mais ainda, entender o desenvolvimento da própria ciência. A ciência não pode ser ensinada sem que haja essa conexão com sua história e sua filosofia.
Professor 6	Por não ter tido este tema na minha graduação não tenho como citar.
Professor 7	Ambos os conteúdos são tratados em nível muito superficial durante a graduação, no entanto apresentam importantes contribuições para a formação de docentes e pesquisadores. Podem fornecer embasamento teórico/prático para “guiar” uma atividade a ser desenvolvida, indicando erros e acertos, nos exemplos.
Professor 8	Entendo a história e a filosofia da Ciência como conceitos importantes para a compreensão da origem das Ciências, sobretudo, a Química, da mesma maneira que a história é importante para entendimento da sociedade atual.
Professor 9	Penso ser importante o conhecimento da evolução das ciências, para termos a consciência de onde partimos que foi necessária muita pesquisa e trabalho a partir de curiosidades filósofos e cientistas para chegar onde estamos hoje.
Professor 10	A evolução da ciência ocorre a partir de um contexto histórico. A ciência busca explicar e contextualizar processos e fenômenos até então desconhecidos ou pouco desenvolvidos.

Fonte: Autor.

Quadro 13. Questão 2 do Questionário da pesquisa.

	Qual a sua compreensão sobre a utilização de História e Filosofia da Ciência no ensino e na aprendizagem de Equilíbrio Químico?
Professor 1	Durante ao aprendizado sobre Equilíbrio Químico tento sempre fazer a contextualização da História e economia de como surgiu a necessidade de se fabricar amônia e conto toda a História que estávamos em guerra que a amônia é uma subst. importantíssima na economia de um país, pois está presente em fertilizantes e armamento. Que o Chile era quem detinha a maior parte deste minério e era quem detinha o poder sobre ele. (NH ₃)
Professor 2	Entendo muito pouco.
Professor 3	Não tenho compreensão clara da necessidade do contexto histórico em todos os assuntos abordados em sala de aula. Mas, mesmo que o tivesse, penso ser inviável a utilização de todos. Já no aprendizado de equilíbrio, sempre menciono o processo de Harber-Bosch. É um contexto histórico que gosto de abordar.
Professor 4	A utilização no ensino de equilíbrio químico, proporcionaria uma maior compreensão da natureza do conhecimento científico e um melhor entendimento dos conceitos e teorias da química.
Professor 5	Abordagem histórico filosófica sempre é pertinente ao ensino de conceitos químicos. Porém, alguns devem ser considerados, como o tempo em que dedica ao uso da história e da filosofia da ciência na discussão do tema, como tais aspectos serão discutidos e mais ainda se o conceito em questão será melhor compreendido pelos alunos com o uso de sua história, fazendo com que tal assunto seja melhor apresentado. No caso do equilíbrio químico a discussão pode ser feita resgatando os primeiros experimentos e suas aplicações no setor econômico, comercial e da saúde. Levantar quais eram os modelos utilizados e como isso foi se adequando com o passar do tempo. Considerando os pontos citados acreditamos que os alunos possam ter uma visão mais ampla do conceito em questão.
Professor 6	Não sei relacionar a história e filosofia da ciência com o ensino de equilíbrio químico.
Professor 7	Não possuo subsídios suficientes para tecer considerações a respeito desse assunto.
Professor 8	Particularmente não entendo a relação entre a História e Filosofia da Ciência com o conceito de Equilíbrio Químico, mas entendo a contribuição de Harber e Bosch para consolidação desse conceito.
Professor 9	Acredito que a compreensão histórica e filosófica da evolução da ciência pode facilitar o ensino e aprendizagem do equilíbrio nas transformações químicas.
Professor 10	Para entender como substâncias podem coexistir em uma transformação química, ou seja, por quais motivos encontramos simultaneamente reagentes e produtos. Questões ambientais podem ser amplamente discutidas.

Fonte: Autor.

Quadro 14. Questão 3 do Questionário da pesquisa.

	Em sua graduação houve alguma disciplina ou atividade que focalizou o uso da História e Filosofia da Ciência no ensino? E nas aulas de Equilíbrio Químico? De que maneira e por meio de quais recursos?
Professor 1	Em minha graduação não foi focalizado o uso da História e filosofia da Ciência no ensino, muito menos nas aulas de EQ. Tive contato e conheci a importância destas na Pedagogia e no PIBID.
Professor 2	Houve uma única disciplina, e o conteúdo era escasso. Recursos somente Datashow.
Professor 3	Em minha graduação, no 1º semestre, como já disse, tive história da química. Já nas poucas aulas sobre equilíbrio químico, o professor jamais mencionou qualquer fato histórico.
Professor 4	Em minha graduação não houve nem a disciplina e nenhuma atividade sobre o tema.
Professor 5	Houve um componente que abordou a história da ciência, porém de forma muito superficial e enfatizando mais a história da Química no Brasil. Ainda tivemos um componente curricular de Filosofia da Ciência, discutindo pensamentos dos filósofos. Foram aulas que ficaram devendo muito, pois foi em uma época em que os temas não tinham muita relevância dentro de um curso de Licenciatura em Química. Sobre equilíbrio químico não houve nenhuma abordagem histórica.
Professor 6	Não me recordo e o próprio tema me surpreendeu.
Professor 7	Na graduação houve disciplinas de história e filosofia, na maioria optativas (cursadas por interesse pessoal). Não fiz nada relacionado à história da química ou eq. Químico.
Professor 8	Sim, houve uma disciplina voltada para o tema, no qual eram realizados seminários envolvendo diversos temas.
Professor 9	Em minha graduação estudamos apenas o que é a Filosofia, o que estuda a Filosofia e os principais Filósofos de modo bem superficial. Não estudamos a relação da História e a Filosofia com o estudo das Ciências e muito menos nas aulas de Equilíbrio Químico.
Professor 10	Durante a graduação o contexto histórico e filosófico foi pouco explorado, as aulas de um modo geral eram centradas no conteúdo específico.

Fonte: Autor.

Quadro 15. Questão 4 do Questionário da pesquisa.

	Os livros didáticos que subsidiam suas aulas incorporam História e Filosofia da Ciência em alguma perspectiva?
Professor 1	Não. Mas o currículo faz com que façamos essa associação.
Professor 2	Acredito que sim, pois todo conceito para início de um assunto há um breve histórico pelo menos para um conceito básico.
Professor 3	São poucos os livros que detalham o processo de Harber-Bosch. A grande maioria só fala do contexto de como a síntese de NH_3 possibilitou uma ajuda substancial na produção de fertilizantes da época. Porém a filosofia da ciência nada aborda.
Professor 4	Sim, porém as abordagens são de maneira muito superficial, não proporcionando a construção de ideias pelos alunos.
Professor 5	Abordam de forma sucinta, onde eles mais enfocam a história e a filosofia da ciência é geralmente em temas como Modelos Atômicos, Classificação Periódica, Química Orgânica, dentre outros. Todas as abordagens na minha opinião são muito superficiais, elas poderiam ser mais profundas e melhor discutidas.
Professor 6	Os atuais utilizados não incorporam a História e filosofia da ciência nas perspectivas.
Professor 7	Alguns livros apresentam breves “discussões” sobre história e filosofia da ciência, mas no aspecto de curiosidades. São tópicos curtos e bem objetivos.
Professor 8	Sim, os livros enfocam o tema, mas não com riqueza de detalhes.
Professor 9	Apenas um breve panorama histórico. Abordando alguns tópicos como a fabricação de objetos cerâmicos, extração de corantes animais e vegetais, produção de vidro e alguns metais e obtenção de vinho e cerveja. Aborda muito superficialmente as ideias de Aristóteles e o início da Alquimia até o surgimento da Química.
Professor 10	Sim. Alguns livros didáticos procuram mostrar as entrelinhas do conteúdo, o que auxilia o professor a fundamentar mais a aula.

Fonte: Autor.

Quadro 16. Questão 5 do Questionário da pesquisa.

	Quais livros didáticos e fontes de pesquisa para planejamento são utilizados para sua aula sobre Equilíbrio Químico? Justifique.
Professor 1	Não uso livros didáticos para isso, mas uso a internet para procurar alguma coisa (pouca).
Professor 2	Livros da Editora Ática e da Editora Scipione além de listas de exercícios para fixação e estudos posteriores.
Professor 3	O livro que mais utilizo é o de físico química I e II da coleção intocáveis do colégio Objetivo. Material mais completo e conceituado.
Professor 4	O material da Secretaria da Educação e o livro didático utilizado pela escola.
Professor 5	Não trabalho equilíbrio químico de forma contundente, apenas comento que há reações que estão em equilíbrio quando trabalho reações químicas. Na rede estadual o tempo é muito curto, apenas duas aulas semanais e sendo assim eu priorizo conteúdos mais básicos, que irão ajudar a estruturar um conhecimento onde o aluno poderá ter uma visão geral do que é e da importância da Ciência Química.
Professor 6	Utilizo como base na preparação de minhas aulas o livro do Feltre e atualmente O Protagonista.
Professor 7	Apostila do governo do Estado de São Paulo (caderno do aluno).
Professor 8	O livro didático que mais utilizo em minhas aulas é intitulado “Ser Protagonista”, volume 2, mais especificamente capítulos 7 e 8.
Professor 9	Química na abordagem do cotidiano. Peruzzo, Francisco Miragaia e Canto, Eduardo Leite, ed. Moderna, 2006. Ser protagonista Química. Edições SM, 2013.
Professor 10	Principais livros são: I. (Conteúdo) Tito e Canto: Química na abordagem do cotidiano. II. (Contextualização) Mortimer: Química

Fonte: Autor.

Quadro 17. Questão 6 do Questionário da pesquisa.

	Como é realizada a elaboração do seu plano de aula sobre Equilíbrio Químico?
Professor 1	Usei o currículo, conhecimento prévios do aluno, história de Haber e da época na internet.
Professor 2	Explicação de conteúdo teórico e exercícios, com exercícios à serem realizados em casa e uma prova/atividade avaliatória para assimilação de conteúdo.
Professor 3	O próprio material da escola já disponibiliza a sequência correta em aula e capítulos.
Professor 4	De acordo com o Currículo do Estado de São Paulo.
Professor 5	Na rede estadual o tempo é muito curto, apensa duas aulas semanais e sendo assim eu priorizo conteúdos mais básicos, que irão ajudar a estruturar um conhecimento onde o aluno poderá ter uma visão geral do que é e da importância da Ciência Química.
Professor 6	É a elaboração básica, embasada na clareza de velocidade das reações.
Professor 7	De acordo com a apostila (sequência didática) definida por experimentos (sem materiais ou reagentes disponíveis) e pouca teoria apresentada.
Professor 8	Trabalho o tema de acordo com o Caderno do Aluno, 3ª série, nas Situações de Aprendizagem 2, 6, 7 e 8, que enfocam o Processo Haber-Bosch e as Teorias Ácido-Base.
Professor 9	É elaborado com base no currículo do Estado de São Paulo com uso dos livros citados acima e atividades experimentais propostas nos cadernos de atividades do aluno da SEE de SP.
Professor 10	I. Relaciono com cinética química. II. Diferencio equilíbrio homogêneo de heterogêneo. III. Mostro reações em equilíbrio, e inicial que atingirá o equilíbrio utilizando cálculos. IV. pH e pOH.

Fonte: Autor.

Quadro 18. Questão 7 do Questionário da pesquisa.

	Em suas aulas sobre Equilíbrio Químico há a utilização de conhecimentos vindos da História e Filosofia da Ciência? De que maneira e por meio de quais recursos?
Professor 1	De como surgiu a necessidade de se fabricar amônia e conto toda a História que estávamos em guerra que a amônia é uma substância importantíssima na economia de um país, pois esta presente em fertilizantes e armamento. Que o Chile era quem detinha a maior parte deste minério e era quem detinha o poder sobre ele. (NH ₃)
Professor 2	Por meio de aulas expositivas/explicativas.
Professor 3	Menciono o processo Haber-Bosch. Explico a síntese da amônia, da importância econômica e no contexto da 1ª Guerra Mundial. Na maioria das vezes faço resumos na lousa e dependendo da sala utilizo recursos visuais, como vídeos e documentários.
Professor 4	Não.
Professor 5	Na rede estadual o tempo é muito curto, apenas duas aulas semanais e sendo assim eu priorizo conteúdos mais básicos, que irão ajudar a estruturar um conhecimento onde o aluno poderá ter uma visão geral do que é e da importância da Ciência Química.
Professor 6	Como não tenho condição de relacionar a História e filosofia da ciência não posso afirmar essa condição.
Professor 7	Não, eventualmente é apresentado e discutido algumas situações apresentadas na apostila.
Professor 8	Para ministrar aulas sobre síntese da amônia pelo Processo Haber-Bosch é necessário mostrar o conceito histórico por trás dessa descoberta e para ministrar aulas sobre ácidos e bases o conceito histórico envolvido na elaboração das teorias.
Professor 9	Utilizo as informações sobre o processo Haber-Bosch contidas nos cadernos do professor e aluno da SEE de SP e as informações contidas nas fontes de pesquisas citadas no item nº 5.
Professor 10	O período na escola pública é muito restrito (2 aulas semanais), não temos diferentes frentes como na escola particular, então estamos sempre correndo com o currículo.

Fonte: Autor.

APÊNDICE B. TERMO DE LIVRE E ESCLARECIDO CONSENTIMENTO



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Bauru



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA REALIZAÇÃO DE PESQUISA ACADÊMICA

Convidado(a) para participar da pesquisa intitulada "Inserção de História e Filosofia da Ciência em aulas de Equilíbrio Químico: subsídios para a construção de sequências didáticas" que tem como objetivo "análise da inserção de História e Filosofia da Ciência no ensino do conceito de Equilíbrio Químico, por meio da utilização de livros didáticos do ensino superior, fontes primárias e secundárias da HFC e planejamento das aulas de professores de Química no Ensino Médio da rede pública estadual, identificando assim alternativas para a elaboração de sequência didática".

Estou ciente dos métodos de coleta de dados que serão utilizados para a pesquisa - questionário, possível entrevista, e observação de aula -, e de que os resultados da pesquisa podem ser publicados, mas que meu nome ou identificação não serão expostos. Qualquer dúvida em relação à pesquisa e/ou à minha participação, antes ou depois de meu consentimento, será respondida pela pesquisadora responsável.

Estou ciente também de que a qualquer momento durante o processo posso desistir da participação sem a necessidade de justificativa.

Declaro que, após devidamente esclarecido e informado sobre a pesquisa em questão, consinto em participar deste estudo.

_____, _____ de _____ de 2015.

Nome completo: _____

R.G.: _____

Assinatura do(a) participante: _____

Pesquisadora Responsável: Kamila Ferreira Prado

Telefone: (14)3234-9015 / (14)98803-9476

E-mail: kamilafrado@hotmail.com

Orientadora: Prof. Dr.ª Silvia Regina Quijadas Aro Zuliani

Telefone: (14)3103-6081

E-mail: silviazuliani@fc.unesp.br