

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS**  
**CAMPUS BAURU**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A**  
**CIÊNCIA**

**Letícia do Prado**

**PRESSUPOSTOS EPISTEMOLÓGICOS E A EXPERIMENTAÇÃO**  
**NO ENSINO DE QUÍMICA: O CASO DE LAVOISIER**

**Bauru - SP**

**2015**

**Letícia do Prado**

**PRESSUPOSTOS EPISTEMOLÓGICOS E A EXPERIMENTAÇÃO  
NO ENSINO DE QUÍMICA: O CASO DE LAVOISIER**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, da área de concentração em Ensino de Ciências, da Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista *campus* Bauru, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Educação para Ciência.

Bauru, 06 de março de 2015.

**Banca Examinadora**

Presidente e orientador: Prof. Dr. Marcelo Carbone Carneiro (Unesp/Bauru-SP)

Titular 1: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Sílvia Regina Q. Aro Zuliani (Unesp/Bauru-SP)

Titular 2: Prof. Dr. Ourides Santin Filho (UEM/Maringá-PR)

Suplente 1: Aguinaldo Robinson de Souza (Unesp/ Bauru- SP)

Suplente 2. Marcos Rodrigues da Silva (UEL/ Londrina- PR)

Bauru – SP

2015

Prado, Leticia do.

Pressupostos epistemológicos e a experimentação no Ensino de Química: o caso de Lavoisier/ Leticia do Prado, 2015.

233 f.

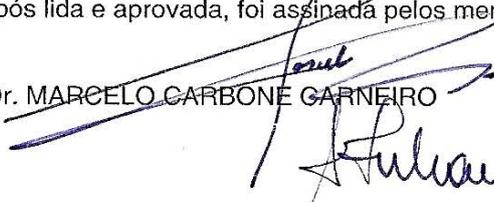
Orientador: Marcelo Carbone Carneiro.

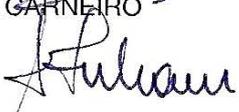
Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2015

1. Experimentação no Ensino de Química. 2. História e Filosofia da Química. 3. Lavoisier. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências. II. Título.

**ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE LETICIA DO PRADO,  
DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA, DO(A)  
FACULDADE DE CIÊNCIAS DE BAURU.**

Aos 06 dias do mês de março do ano de 2015, 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: Prof. Dr. MARCELO CARBONE CARNEIRO do(a) Departamento de Ciências Humanas / Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação de Bauru, Profa. Dra. SILVIA REGINA QUIJADAS ARO ZULIANI do(a) Departamento de Educação / Faculdade de Ciências de 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 LETICIA DO PRADO, intitulada "PRESSUPOSTOS EPISTEMOLÓGICOS E EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA: O CASO DE LAVOISIER". 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.

  
Prof. Dr. MARCELO CARBONE CARNEIRO

  
Profa. Dra. SILVIA REGINA QUIJADAS ARO ZULIANI

  
Prof. Dr. OURIDES SANTIN FILHO

## **Agradecimentos**

A minha formação como profissional não poderia ter sido concretizada sem a ajuda de meus amáveis e eternos pais Wilson e Lucy, que, no decorrer da minha vida, proporcionaram-me, além de extenso carinho e amor, os conhecimentos da integridade e da perseverança.

Agradeço ao meu querido namorado Eliézer, que além de me fazer feliz, ajudou-me, durante todo o percurso de minha vida acadêmica até aqui.

Um agradecimento especial aos meus queridos amigos da Química FC/UNESP (Bauru 2008-2012) e do PPGEC da FC/UNESP (Bauru 2013-2014), em especial à Fernanda Wesendonk e à Daniele Souza, que permaneceram sempre ao meu lado mesmo que no mundo virtual, sem vocês as pausas entre um parágrafo e outro deste trabalho não seriam tão divertidas.

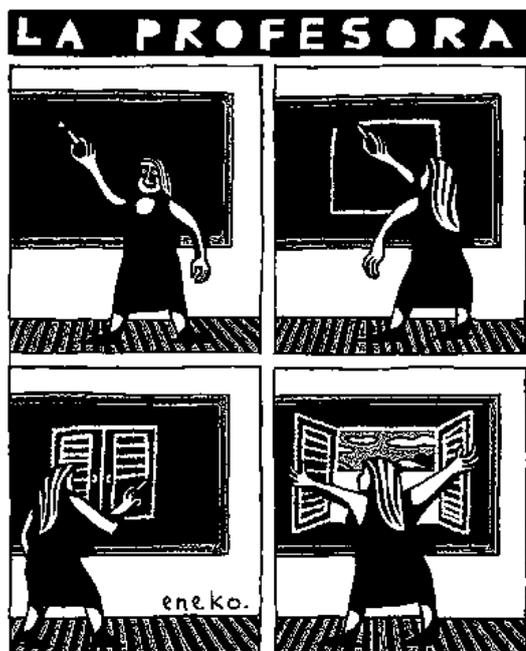
Ao Prof. Dr. Marcelo Carbone Carneiro pela orientação marcada pela competência, seriedade e generosidade.

À Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Sílvia Zuliani, pelas aulas de outrora, por apresentar meu orientador e pelas contribuições na revisão deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Ourides Santin Filho, pelas valiosas contribuições dadas no exame de qualificação.

Agradeço também aos professores que durante toda minha vida escolar me ensinaram, incentivaram e mostraram o quanto estudar é bom.

À CAPES pelos 24 meses de apoio financeiro.



*La profesora/La ventana, Eneko, 2012.  
(Fonte: Blog "...Y sin embargo se mueve  
por Eneko")*

**PRADO L. Pressupostos epistemológicos e a experimentação no Ensino de Química: o caso de Lavoisier.** 2015. 233p. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2015.

Este trabalho tem como objetivo investigar o papel que possuiu a experimentação na história da Química e no Ensino de alguns conteúdos específicos desta ciência particular, buscando traçar as potencialidades e os limites da experimentação em seu ensino na atualidade. Para isso desenvolvemos no capítulo I, discussões sobre o papel da experiência e da experimentação para algumas filosofias/epistemologias entre os séculos XVII e XX. Utilizamos como referência as obras de Bacon, Hume, Comte, Bachelard, Popper e Kuhn. No capítulo II desenvolvemos uma pesquisa sobre a história da experimentação na Química, tomando como referência singular os estudos que Lavoisier realizou no século XVIII no Tratado Elementar de Química. No capítulo III fizemos um panorama do uso da experimentação na história do Ensino de Química no Brasil, finalizando nossas considerações com as reformas educacionais que geraram novos parâmetros e trabalhos acadêmicos sobre o uso da experimentação. Para estes capítulos anteriormente descritos usamos como metodologia de estudo a análise internalista de texto. No capítulo IV, fizemos um levantamento das propostas experimentais contidas nos livros didáticos propostos pelo Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio do ano de 2012, e as analisamos quanto aos pressupostos epistemológicos sobre experimentação. Os experimentos encontrados foram analisados quanto as questões de planejamento do professor, modalidade de experimentação e expectativa de retorno dos alunos contidas em todas as propostas de atividades experimentais. Ao final desta primeira análise buscamos por experimentos e trechos nos livros que abordavam o trabalho de Lavoisier. Estes trechos e experimentos foram analisados com a intenção de traçar as concepções de experimentação que os constituíram. Para esta etapa usamos a análise de conteúdo como metodologia de pesquisa. Nosso objetivo final com este trabalho foi traçar os limites e potencialidades do uso da experimentação no Ensino de Química atual sobre a perspectiva e fundamentação da história e filosofia da Química.

**Palavras- chave:** Experimentação no Ensino de Química. História e Filosofia da Química Lavoisier.

PRADO L. **Epistemological assumptions and experimentation in Chemistry Teaching: the case of Lavoisier.** 2015. 233p. Dissertation (Master's degree in Science Education), Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2015.

#### **ABSTRACT**

This work aims to investigate the role of the experimentation in the history of chemistry and in teaching of some specific contents of this particular science, in order to describe the potentialities and the limits of experimentation in its teaching today. For this, we described in Chapter I discussion on the role of experience and experimentation for some philosophies/epistemologies between the seventeenth to twentieth centuries. We used as reference the works of Bacon, Hume, Comte, Bachelard, Popper, and Kuhn. In Chapter II we developed a research about the history of experimentation in chemistry, taking as a singular reference studies that Lavoisier made in the eighteenth century in the Elements of Chemistry. In Chapter III we made an overview of the use of experimentation in the history of the Chemistry Teaching in Brazil, ending our considerations with the educational reforms that generated new parameters and academic papers on the use of experimentation. For these chapters, we employed the internalist analysis of text as a methodology of study. In Chapter IV, we conducted a survey of experimental proposals contained in the textbooks proposed by the National Textbooks Program for Secondary Education in the year of and we analyzed as to the epistemological assumptions about experimentation. The experiments found were analyzed regarding the teacher's planning issues, experimentation mode and feedback of the students included in all proposals for experimental activities. At the end of this first analysis they were analyzed with the intention of tracing the trial conceptions that constituted them, we search for experiments and excerpts from books that addressed the Lavoisier's work. They were analyzed with the intention of tracing the trial conceptions that constituted them. For this step we used the content analysis as a methodology of study. Our final aim which this study was to establish the limits and potentialities of the use of experimentation in Chemistry Teaching on the perspective and motivation of the history and philosophy of chemistry.

**KEYWORDS:** Experimentation in Chemistry Teaching. History and Philosophy of Chemistry. Lavoisier.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Prancha II Fig. 14. LAVOISIER, 2007, p. 377.....	p.100
<b>Figura 2</b> Prancha IV, figura 2. LAVOISIER, 2007, p. 381.....	p.101
<b>Figura 3</b> Dados da análise do Planejamento da Proposta Experimental, categoria Metodologia em gráficos (V. 1) .....	p.145
<b>Figura 4</b> Dados da análise do Planejamento da Proposta Experimental, categoria Montagem/execução em gráficos (V.1) .....	p.146
<b>Figura 5</b> Dados da análise do Planejamento da Proposta Experimental, categoria Solicitado aos alunos em gráficos (V.1) .....	p.147
<b>Figura 6</b> Dados da análise do Planejamento da Proposta Experimental, categoria Metodologia em gráficos(V.2) .....	p.148
<b>Figura 7</b> Dados da análise do Planejamento da Proposta Experimental, categoria Montagem/execução em gráficos (V.2) .....	p.149
<b>Figura 8</b> Dados da análise do Planejamento da Proposta Experimental, categoria Solicitado aos alunos em gráficos(V.2) .....	p.149
<b>Figura 9</b> Dados da análise do Planejamento da Proposta Experimental, categoria Metodologia em gráficos(V.3) .....	p.150
<b>Figura 10</b> Dados da análise do Planejamento da Proposta Experimental, categoria Montagem/execução em gráficos (V.3) .....	p.151
<b>Figura 11</b> Dados da análise do Planejamento da Proposta Experimental, categoria Solicitado aos alunos em gráficos (V.3) .....	p.152

## LISTA DE ESQUEMAS

<b>Esquema 1</b> A topologia filosófica de Bachelard.....	p.33
---	------

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> Descrições de experimento/experimentação para Hume, Comte, Bachelard, Popper e Kuhn.....	p.54
<b>Quadro 2</b> Lista de descoberta e (re)descoberta de alguns gases.....	p.94
<b>Quadro 3</b> Síntese sobre o papel da experimentação da alquimia à Química.....	p.107
<b>Quadro 4</b> Abordagens para atividades experimentais.....	p.126

<b>Quadro 5</b> Competência geral e habilidades específicas do uso da experimentação na Proposta Curricular.....	p.134
<b>Quadro 6</b> Síntese sobre o papel da experimentação para o Ensino de Química brasileiro.....	p.138
<b>Quadro 7</b> Títulos das coleções de Química do PNLEM 2012.....	p.142
<b>Quadro 8</b> Organização de apresentação dos livros do PNLEM 2012 e número de experimentos por volume.....	p.144
<b>Quadro 9</b> Propostas experimentais dos livros didáticos do PNLEM 2012 que fazem referência a Lavoisier.....	p.156

## LISTA DE APÊNDICES

<b>APÊNDICE A</b> – A Proposta Curricular do Estado de São Paulo: síntese das atividades experimentais destinadas a 1ª série do ensino médio da Proposta Curricular do Estado de São Paulo.....	p.180
<b>APÊNDICE B</b> – A Proposta Curricular do Estado de São Paulo: síntese das atividades experimentais destinadas a 2ª série do ensino médio da Proposta Curricular do Estado de São Paulo.....	p.181
<b>APÊNDICE C</b> – A Proposta Curricular do Estado de São Paulo: síntese das atividades experimentais destinadas a 3ª série do ensino médio da Proposta Curricular do Estado de São Paulo.....	p.183
<b>APÊNDICE D</b> – Ficha de Avaliação das Propostas Experimentais.....	p.184
<b>APÊNDICE E</b> – Fichas de avaliação dos livros:.....	p.185
MORTIMER, Eduardo F. Química 1: ensino médio/ Eduardo Fleury Mortimer, Andréa Horta Machado. – São Paulo: Scipione, 2010.	
MORTIMER, Eduardo. F. Química, 2: ensino médio/ Eduardo Fleury Mortimer, Andréa Horta Machado. – São Paulo: Scipione, 2010. 296p.	
MORTIMER, Eduardo. Química, 3: ensino médio/ Eduardo Fleury Mortimer, Andréa Horta Machado. – São Paulo: Scipione, 2010.296p.	
<b>APÊNDICE F</b> –Fichas de avaliação dos livros:.....	p.192
LISBOA, J. C. F. Química, 1º ano: ensino médio/ org. Júlio Cezar Foschini Lisboa – 1. Ed. – São Paulo: Edições SM, 2010 (Coleção Ser Protagonista)	
LISBOA, J. C. F. Química, 2º ano: ensino médio/ organizador Júlio Cezar Foschini Lisboa – 1. Ed. – São Paulo: Edições SM, 2010 (Coleção Ser Protagonista)	
LISBOA, J. C. F. Química, 3º ano: ensino médio/ organizador Júlio Cezar Foschini Lisboa – 1. Ed. – São Paulo: Edições SM, 2010 (Coleção Ser Protagonista)	

**APÊNDICE G** – Fichas de avaliação dos livros:.....p.199

FONSECA, Martha R. M. Coleção Química Meio Ambiente Cidadania e Tecnologia – 1ª edição – São Paulo: FTD, 2010. (Volume 1)

FONSECA, Martha R.M. Coleção Química Meio ambiente Cidadania e Tecnologia. - 1ª edição – São Paulo: FTD, 2010. (Volume 2).

FONSECA, Martha R.M. Coleção Química Meio ambiente Cidadania e Tecnologia. - 1ª edição – São Paulo: FTD, 2010. (Volume 3)

**APÊNDICE H** – Fichas de avaliação dos livros:.....p. 206

PERUZZO, Francisco M. Química na abordagem do cotidiano/ Francisco Miragaia Peruzzo, Eduardo Leite do Canto. – 4 ed. – São Paulo: moderna, 2006. V.1 Química geral e inorgânica.

PERUZZO, Francisco M. Química na abordagem do cotidiano/ Francisco Miragaia Peruzzo, Eduardo Leite do Canto. – 4 ed. – São Paulo: moderna, 2006. V.2 Físico Química.

PERUZZO, Francisco M. Química na abordagem do cotidiano/ Francisco Miragaia Peruzzo, Eduardo Leite do Canto. – 4 ed. – São Paulo: moderna, 2006. V.3 Química Orgânica.

**APÊNDICE I** – Fichas de avaliação dos livros:.....p.211

PEQUIS. Química cidadã: materiais, substâncias, constituintes, Química ambiental e suas implicações sociais, volume 1: ensino médio/ Wildson Luiz Pereira dos Santos, Gerson de Souza Mól, (coord.) – 1ed. – São Paulo: Editora AJS, 2012 – (Coleção Química para a nova geração).

PEQUIS. Química cidadã: materiais, substâncias, constituintes, Química ambiental e suas implicações sociais, volume 2: ensino médio/ Wildson Luiz Pereira dos Santos, Gerson de Souza Mól, (coord.) – 1ed. – São Paulo: Editora AJS, 2012 – (Coleção Química para a nova geração).

PEQUIS. Química cidadã: materiais, substâncias, constituintes, Química ambiental e suas implicações sociais, volume 3: ensino médio/ Wildson Luiz Pereira dos Santos, Gerson de Souza Mól, (coord.) – 1ed. – São Paulo: Editora AJS, 2012 – (Coleção Química para a nova geração).

**APÊNDICE J** – Fichas com as médias aritméticas de avaliação dos livros volume 1.....p. 217

**APÊNDICE K** – Fichas com as médias aritméticas de avaliação dos livros volume 2.....p.219

**APÊNDICE L** – Fichas com as médias aritméticas de avaliação dos livros volume 3.....p.220

## Sumário

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I REFLEXÕES EPISTEMOLÓGICAS SOBRE O PAPEL DA EXPERIÊNCIA/ EXPERIMENTAÇÃO.</b> .....	6
<b>CONSIDERAÇÕES SOBRE O PAPEL DA EXPERIÊNCIA/ EXPERIMENTAÇÃO NOS PENSADORES REPRESENTATIVOS DOS SÉCULOS XVII A XIX.</b> .....	7
<b>SEÇÃO 01 A EXPERIÊNCIA/EXPERIMENTAÇÃO NO EMPIRISMO DE FRANCIS BACON.</b> .....	8
<b>SEÇÃO 02 A EXPERIÊNCIA/EXPERIMENTAÇÃO NO INDUTIVISMO DE DAVID HUME.</b> .....	15
<b>SEÇÃO 03 A EXPERIÊNCIA/EXPERIMENTAÇÃO PARA O POSITIVISMO DE AUGUSTE COMTE.</b> .....	20
<b>AS CRÍTICAS CONTEMPORÂNEAS SOBRE O PAPEL DA EXPERIÊNCIA/EXPERIMENTAÇÃO NA HISTÓRIA DO PENSAMENTO.</b> 25	
<b>SEÇÃO 01 A EXPERIÊNCIA/ EXPERIMENTAÇÃO NA EPISTEMOLOGIA DE GASTON BACHELARD.</b> .....	25
<b>SEÇÃO 02 A EXPERIÊNCIA/ EXPERIMENTAÇÃO NA EPISTEMOLOGIA DE KARL POPPER.</b> .....	37
<b>SEÇÃO 03 A EXPERIÊNCIA/EXPERIMENTAÇÃO NA EPISTEMOLOGIA DE THOMAS KUHN.</b> .....	43
<b>O QUE OBSERVAMOS? QUAL O PAPEL DA EXPERIÊNCIA/EXPERIMENTAÇÃO PARA ESTES FILÓSOFOS? UM PANORAMA.</b> .....	53
<b>CAPÍTULO II O PAPEL DA EXPERIMENTAÇÃO NA QUÍMICA ATÉ O SÉCULO XVIII.</b> .....	55
<b>A ANÁLISE HISTORIOGRÁFICA DA CIÊNCIA COMO METODOLOGIA DE PESQUISA.</b> .....	55
<b>OS CONTORNOS DA EXPERIMENTAÇÃO NA “QUÍMICA DA ANTIGUIDADE”</b> .....	62
<b>SEÇÃO 1 A TEORIA DO FLOGISTO E O TRABALHO EXPERIMENTAL.</b> 86	
<b>SEÇÃO 2 A QUÍMICA COMO UMA CIÊNCIA EXPERIMENTAL. CONSIDERAÇÕES DE UMA SISTEMATIZAÇÃO DA QUÍMICA MODERNA POR LAVOISIER</b> .....	96
<b>O QUE OBSERVAMOS? QUAL PAPEL DA EXPERIMENTAÇÃO PARA A QUÍMICA AO LONGO DOS SÉCULOS? E PARA LAVOISIER? UM PANORAMA.</b> .....	107
<b>CAPÍTULO III A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA BRASILEIRO.</b> .....	109

<b>SEÇÃO 01 O ENSINO DE QUÍMICA NO BRASIL: DA COLÔNIA ÀS REFORMAS EDUCACIONAIS A EXPERIMENTAÇÃO NA QUÍMICA E NO ENSINO DE QUÍMICA BRASILEIRO.</b> .....	109
<b>SEÇÃO 02 PROPOSTAS EXPERIMENTAIS: O QUE ALGUNS PESQUISADORES DA ÁREA PENSAM?</b> .....	118
<b>SEÇÃO 03 O USO DA EXPERIMENTAÇÃO NA ATUALIDADE: OS LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA DO PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO DIDÁTICO DE 2012 E A PROPOSTA CURRICULAR DO ESTADO DE SÃO PAULO.</b> .....	129
<b>O QUE OBSERVAMOS? QUAL O PAPEL DA EXPERIMENTAÇÃO PARA O ENSINO DE QUÍMICA BRASILEIRO?</b> .....	138
<b>CAPÍTULO IV A EXPERIMENTAÇÃO NOS LIVROS DIDÁTICOS DO PROGRAMA NACIONAL 2012-2014: UM EXEMPLO HISTÓRICO, O TRABALHO DE LAVOISIER.</b> .....	139
<b>A ANÁLISE DE CONTEÚDO COMO METODOLOGIA DE PESQUISA.</b> ...	139
<b>A EXPERIMENTAÇÃO NO PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO DIDÁTICO PARA O ENSINO MÉDIO.</b> .....	142
<b>A EXPERIMENTAÇÃO NOS LIVROS DIDÁTICOS PNLD/PNLEM 2012: O CASO LAVOISIER</b> .....	155
<b>O QUE OBSERVAMOS? CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A ANÁLISE DOS EXPERIMENTOS QUE FAZEM REFERÊNCIA A LAVOISIER CONTIDOS NOS LIVROS DIDÁTICOS.</b> .....	165
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	167
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	170
<b>APÊNDICES</b> .....	180

## INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo investigar o papel que possuiu a experimentação na história da Química, em especial o caso particular e singular de Lavoisier e, também, no ensino atual de alguns conteúdos específicos desta ciência.

A construção da Química como ciência particular e, conseqüentemente, a definição do objeto próprio a ser investigado – as transformações Químicas – estão ligados ao discurso sobre a experimentação como “comprovação dos fatos”.

Sabemos que seu desenvolvimento nos séculos XVIII e XIX esteve atrelado à necessidade dos dados empíricos como garantia de comprovação científica. Esta adesão ao empírico e comprovado com fatos explica-se pelo empirismo e positivismo do pensamento daqueles séculos que marcam a história das ciências particulares que estão em desenvolvimento.

Dessa forma, desenvolvemos o capítulo I em duas partes, na primeira parte investigamos a finalidade da experimentação na história do pensamento e consideramos fundamental entender as ideias dos séculos XVIII e XIX sobre o conhecimento e o papel da experiência e da experimentação pois este entendimento nos dará subsídios para os próximos capítulos deste trabalho.

Para uma descrição breve do que foi desenvolvido nesta primeira parte do estudo, temos:

- Bacon (1561-1626) a ideia de método experimental e da necessidade de se observar a natureza à luz deste método.
- Hume (1711-1776), estudamos a ideia de que só podemos conhecer “as questões de fato ou de existência real” pela experiência.
- Comte (1798-1857), as ideias de divisão das ciências (a formação das ciências particulares), de conhecimento pela experiência e a crítica ao pensamento abstrato ou metafísico que não se apoia na experiência.

Em uma segunda parte do capítulo I desenvolvemos a crítica que algumas epistemologias contemporâneas desenvolveram sobre o Empirismo e o Positivismo, para isso usamos as ideias de:

- Bachelard (1884-1962) a ideia dialética do conhecimento, nem realismo nem empirismo, ainda assim um racionalismo aplicado.
- Popper (1902-1994), a experiência ou experimentação como importantes para falseabilidade de uma teoria e a crítica ao indutivismo.
- Kuhn (1920-1996), a atividade científica entendida como prática de uma ciência normal, a função do dogma na atividade científica (que dirige as ações dos praticantes de ciência) e o trabalho do paradigma como a ciência normal, que implica na determinação prévia e estabelecida do que deve ser a experiência e as experimentações no interior do modelo explicativo, que deve ser seguido sem questionamentos.

Diante do quadro teórico sobre a questão da experimentação no Empirismo dos séculos XVII e XVIII e no Positivismo do XIX, e também as críticas de alguns filósofos da Ciência do XX, passamos ao desenvolvimento do capítulo II, no qual investigamos o papel da experimentação na Química.

Descrever o papel da experimentação na Química dependeu das obras de alguns historiadores da Química como Partington e McKie (1981), Bensaude-Vicent e Stengers (1992), Westfall (2001), Debus (2006), Maar (2008), Henry (2011) entre outros.

Segundo estes historiadores, desde meados do século XVI ao XVII, o trabalho da Química, tratada nesta época como uma vertente da filosofia natural, desejava que as manipulações revelassem a composição dos corpos mistos através da experimentação e dos ideais alquímicos e iatroquímicos (WESTFALL, 2001).

Tendo em vista que junto à intensa experimentação estavam as mais variadas formas de explicações dos mecanismos invisíveis, a Química foi marcada por um longo período por modelos pitorescos e animismos exagerados (WESTFALL, 2001).

Os séculos XVIII e XIX também foram marcados pela experimentação intensa na Química e pelos ideais positivistas de Comte, para quem a experimentação é a melhor

maneira pela qual se pode comprovar as teorias, como propõe o *Tratado Elementar de Química* (1789) de Lavoisier.

Os trabalhos de sistematização do conhecimento do século XVIII trazem, além de um referencial fundamental para esta ciência particular, uma crítica à metafísica, uma ressalva à importância da experiência e da experimentação e a elaboração de uma nova ciência particular, retratando portanto as principais características do pensamento do final daquele século.

Por este motivo, na segunda parte do capítulo II, usamos para exemplificar as finalidades de experimentação do final do século XVIII o principal trabalho de Antoine Laurent Lavoisier disseminado amplamente em todos os continentes, o *Tratado Elementar de Química*, cujos primeiros capítulos que estudaremos versam sobre a teoria da combustão, da formação dos fluidos elásticos aeriformes e da composição do ar atmosférico, tema que está em grande debate nesta época devido às discussões precursoras que tratavam sobre a teoria do flogisto.

Os nove primeiros capítulos do *Tratado Elementar de Química* apresentam as ideias e os experimentos detalhadamente descritos por Lavoisier sobre a teoria da combustão, a formação de fluidos elásticos aeriformes e por consequência apresentam suas conclusões sobre a composição do ar atmosférico.

Com a leitura e análise destes capítulos verificamos o valor dado por Lavoisier à experimentação, bem como traçamos um panorama representativo da necessidade da experimentação deste período inicial da nova sistematização da Química.

Em geral, a ciência do século XVIII considera o experimento como uma espécie de “carimbo” atestando a força do enunciado geral, podendo também ser interpretada como a ideia legitimadora da ciência ou de confirmação da verdade enunciada na teoria.

Após estruturada a finalidade da experimentação para a Química até Lavoisier, iniciamos o Capítulo III, que desenvolve o pensamento sobre o papel que a experimentação desempenhou e desempenha para o Ensino de Química brasileiro.

Em suma, destacamos em linhas gerais, o percurso da experimentação no Ensino de Ciências e Química, marcando seu início no século XVI com as técnicas de extração de diferentes materiais (minerais, vegetais) para exportação para o mercado Europeu.

Segundo Oliveira e Carvalho (2002), a Química continua com este caráter extrativista e utilitarista ao longo do século XIX. Neste período instalaram-se no Brasil indústrias diversas (de sabão, pólvora, vidro, papel, velas, ácido sulfúrico, ácido nítrico, cloro e ácido clorídrico, por exemplo), assim, a Química e as técnicas experimentais que a acompanhavam estavam estreitamente ligadas à classe operária, não despertando o interesse em cursos escolares.

Mortimer (1988) ressalta que o único livro de Química publicado e usado ao longo dos anos 1857-1930, não possuía exercícios ou propostas experimentais para os alunos, eles abordavam somente exemplos que levavam a conceitos.

Após este período entraram em vigor várias reformas educacionais, mas somente por volta de 1960 surgem os primeiros projetos de Ensino de Química com a preocupação voltada para o uso de experimentos em laboratórios didáticos e salas de aula a partir da distribuição de *kits* de ciências.

As discussões feitas nesses capítulos serpenteiam todos estes aspectos de maneira breve e reolocamos a discussão a partir do momento em que se institui as Leis de Diretrizes e Bases (LDB 9394/96) e os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), em meados de 1990 a 2000, a partir dos quais estabeleceu-se que o conhecimento químico a ser ensinado deveria ser constituído de processos sistemáticos que permeiam o contexto sócio cultural da humanidade.

Diante das necessidades apontadas pelos Parâmetros Curriculares Nacionais, há intensa produção de trabalhos acadêmicos após a década de 1990 (Hodson, 1994; Mortimer, 1996; Araújo e Abib, 2003; Machado, 2004; Laburú, 2006; Dourado, 2008; Ferreira et al., 2009, Cavalcante *et al.*, 2013, entre outros) sobre as várias modalidades e abordagens do Ensino de Química utilizando a experimentação.

Dentre os trabalhos citados ao longo da discussão destacam-se aqueles que discutem as potencialidades e limites do uso da experimentação e propõem situações de estudo para a experimentação no ensino de ciências e de Química.

Feita uma discussão sobre o uso e abordagem de experimentos no Ensino de Química brasileiro levando em consideração seus aspectos históricos e atuais, dedicamos a última seção do capítulo III para apresentar a finalidade da experimentação para aos

livros de Química do Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio de 2012 (PNLEM) e para os cadernos da Proposta Curricular do Estado de São Paulo 2008.

Para avaliar as propostas experimentais do PNLEM - Química, no capítulo IV identificamos todas as propostas de experimento contidas em todas as coleções aprovadas para o trabalho no triênio 2012 a 2014.

Em um primeiro momento do capítulo VI, localizamos todos os experimentos contidos nos livros didáticos das coleções propostas pelo PNLD 2012. Seleccionadas estas atividades, fizemos uma categorização quanto ao planejamento metodológico, planejamento de materiais, local para realização e expectativa dos alunos após o experimento, buscando entender quais são as abordagens mais usadas e o que se espera que os alunos façam ao participar de uma atividade experimental.

Norteados pelas discussões dos capítulos anteriores (o papel da experimentação na Química, na história do pensamento e no Ensino de Química) e pelo exemplo histórico na Química (Lavoisier), nossa intenção com a análise dos livros didáticos em um segundo momento do capítulo IV foi a de identificar os experimentos e depois os complementos, ou seja, os trechos dos livros que abordam o trabalho de Lavoisier.

Identificados estes experimentos e trechos, fizemos um recorte e analisamos a maneira pela qual o livro aborda o trabalho de Lavoisier e, quando existente, qual a concepção de experimentação trazida no escopo da atividade.

As discussões realizadas ao longo dos capítulos nos trouxeram elementos importantes à reflexão sobre a última parte deste trabalho, na qual, trazemos nossas considerações gerais sobre a pesquisa realizada e buscamos traçar os limites e potencialidades do uso da experimentação na história da Química e no Ensino de alguns conteúdos específicos desta ciência.

## **CAPÍTULO I REFLEXÕES EPISTEMOLÓGICAS SOBRE O PAPEL DA EXPERIÊNCIA/ EXPERIMENTAÇÃO.**

Este capítulo tem como objetivo discutir os pressupostos epistemológicos do papel da experiência e experimentação na história do pensamento compreendida entre os séculos XVII e XX. Para isto, estudaremos as principais obras de Francis Bacon, Auguste Comte, David Hume, Gaston Bachelard, Karl Popper e Thomas Kuhn.

A escolha destes filósofos partiu da premissa de que seus trabalhos nos dão um panorama do papel da experiência/experimentação no período de tempo compreendido entre os séculos XVII a XX.

Apesar de nos preocuparmos em abordar os principais pontos das epistemologias destes filósofos, nosso foco é a discussão sobre o papel da experiência e/ou da experimentação em suas respectivas concepções sobre a Ciência, desta forma estamos cientes do recorte feito e que as epistemologias abordadas possuem outros pontos importantes a serem estudados além dos destacados.

Para iniciarmos a discussão é necessária uma distinção; o termo “experiência” pode ser utilizado em um sentido mais geral remetendo a um conhecimento vivido que adquirimos ao longo da nossa vida ou, para os empiristas, como se verá, todo conhecimento físico tem suas fontes na experiência.

A experimentação, por outro lado, implica em uma investigação sistemática dos fenômenos, realizada a partir de uma metodologia estabelecida, envolvendo processos de medição e teste de diferentes parâmetros.

Nesta dissertação optamos por usar o termo experiência/experimentação, para todas as considerações sobre as atividades científicas que fazem uso de observações ou os dados dos sentidos, na tentativa de explicar por meio de experimentos os fenômenos naturais, uma vez que cada epistemologia em particular pode vir a ter sua definição pontual para os termos experiência, experimentação e experimento.

A metodologia de pesquisa escolhida para nortear a leitura e análise destes textos foi a análise internalista de texto, apresentada na primeira parte deste capítulo.

A segunda parte deste capítulo apresenta três seções, elas são responsáveis pelo estudo dos filósofos cujos trabalhos fizeram parte da história do pensamento dos séculos XVII a XIX, representados por Bacon, Hume e Comte.

A terceira parte é dividida em quatro seções, nas quais apresentamos os trabalhos dos filósofos cujas publicações se deram no século XX e que teceram críticas sobre a história do pensamento antecedente, os filósofos escolhidos para essa discussão são: Bachelard, Popper e Kuhn.

A quarta traz um quadro geral das discussões e a sistematização do papel da experiência/experimentação para os filósofos estudados.

### **CONSIDERAÇÕES SOBRE O PAPEL DA EXPERIÊNCIA/ EXPERIMENTAÇÃO NOS PENSADORES REPRESENTATIVOS DOS SÉCULOS XVII A XIX.**

A metodologia de pesquisa escolhida para nortear a leitura e análise destes textos foi a análise internalista de texto. Este método pode ser verificado na leitura de Goldschmidt (1970), que afirma haver duas formas de interpretar um sistema, podendo ele ser interrogado segundo sua verdade, ou seja, sobre sua origem (análise internalista), ou pode-se pedir-lhe que dê razões, ou buscar suas causas, sociais, políticas, econômicas, religiosas (análise externalista).

A metodologia internalista enquadra-se no primeiro método, o chamado de dogmático; nele há a aceitação, sob ressalva, da pretensão dos dogmas a serem verdadeiros e não se separa a *léxis* da crença.

Trata-se de um método eminentemente filosófico, que aborda uma doutrina conforme a intenção de seu autor e, até o fim, conserva, no primeiro plano, o problema da verdade. Este método, usado para examinar um texto filosófico sobre sua verdade, subtrai-o ao tempo (cronológico), bem como as particularidades da época em que foi escrito, de forma que as contradições que é levado a constatar no interior de um sistema ou na anarquia dos sistemas sucessivos, permitem que todas as teses de uma doutrina passem a ser verdadeiras “ao mesmo tempo” (GOLDSCHMIDT, 1970).

Em suma, a visão internalista da história da ciência é uma perspectiva na qual o leitor deve aceitar ser dirigido pela obra, consentindo em se colocar nesse tempo lógico que pertence ao trabalho filosófico, adotando uma atitude de respeito àquilo que é considerado fato de teoria e, por conseguinte, utilizar as hipóteses do mesmo modo que os seus autores utilizaram para alcançar a verdade (GOLDSCHMIDT, 1970).

Para iniciar nossa discussão sobre o papel da experiência/experimentação na história do pensamento, vamos partir do século XVII, das ideias de método científico de Francis Bacon (1561-1626), passando para a ideia de “como conhecemos as questões de fato” de David Hume (1711 -1776) avançando para uma breve discussão da forma como o positivismo de Auguste Comte (1789-1857) conhece e experiencia todas as coisas ao seu redor.

## **SEÇÃO 01 A EXPERIÊNCIA/EXPERIMENTAÇÃO NO EMPIRISMO DE FRANCIS BACON**

A obra que vamos usar como referência para a escrita desta seção faz parte da *Nova Atlântida: Grande Instauração*, o verdadeiro e extraordinário progresso do saber, que Bacon pretendia deixar para a humanidade, o *Novum Organum (1988)*, que faz referência a metodologia que deve ser adotada nesse progresso.

A obra *Novum Organum (1988)*, originalmente publicada em 1620, é dividida em dois livros, nos quais são apresentadas as propostas metodológicas de Bacon em forma de aforismos. Os aforismos são breves sentenças de índole afirmativa, negativa ou interrogativa, que podem contemplar e finalizar um raciocínio ou podem se encadear com outros aforismos derivados ou não. O livro I apresenta 130 aforismos e o livro II 52 aforismos.

No primeiro livro, podemos observar a intenção do autor em apresentar as falhas e fazer uma expiação de tudo aquilo que caracteriza a ciência naquele período. Para ele é necessário mostrar a “parte destrutiva” com a intenção de preparar o leitor para o segundo livro que trata da “parte construtiva” ou seja, de apresentar a nova metodologia que permitirá, segundo Bacon, um correto conhecimento dos fenômenos pela via da verdade e pela experiência (BACON, 1988).

Logo em seu prefácio Bacon salienta que,

Nosso método, contudo, é tão fácil de ser apresentado como difícil de se aplicar. Consiste no estabelecer os graus de certeza, determinar o alcance exato dos sentidos de rejeitar, na maior parte dos casos, o labor da mente, calcado muito de perto sobre aqueles, abrindo e promovendo, assim, a nova e certa via da mente, que, de resto, provém das próprias percepções sensíveis (BACON, 1988, p. 6).

A dificuldade dita neste trecho faz referência aos obstáculos históricos ao desenvolvimento científico daquela época, por isso, ainda no prefácio, Bacon propõe dois métodos de estudo para as ciências, a saber,

Que haja, pois talvez seja propício para ambas as partes, duas fontes de geração e de propagação de doutrinas. Que haja igualmente duas famílias de cultores da reflexão e da filosofia, com lações de parentesco entre si, mas de modo algum inimigas ou alheia uma da outra, antes pelo contrário coligadas. Que haja, finalmente, dois métodos, um destinado ao cultivo das ciências e outro destinado à descoberta científica (BACON, 1988, p. 8).

Passo a passo, Bacon argumenta a favor de um novo conhecimento e do fortalecimento em favor de uma reforma na ciência, com base na educação do pensamento mobilizado pela experiência, como se pode ver no decorrer dos aforismos do livro I, intitulado “*Sobre a interpretação da natureza e o reino do homem*”.

Nos primeiros aforismos, Bacon enfatiza a limitação da ciência, que nesta época é entendida como caminho contemplativo e a revelação dos fenômenos estudados, por isso, nos aforismos seguintes o autor tece sua crítica à lógica da dedução, visto que para ele o verdadeiro caminho para o conhecimento ainda não havia sido instaurado, pois é necessária a observação de critérios concretos para sua consecução (BACON, 1988).

Para Bacon (1988), ainda não se conhece a verdade, pois há recorrente obstrução dos ídolos (noções equivocadas) e noções falsas, que impedem os homens de instaurarem um novo olhar e caminho para a nova ciência.

Dos aforismos XLI a L, Bacon classifica os ídolos em quatro tipologias – da tribo, da caverna, de foro, do teatro – que são os principais responsáveis pelo bloqueio da mente humana. Resumidamente, suas principais características são,

- Ídolos da tribo: fazem referência aos fundamentos da própria natureza humana. Neles há a crença de que os sentidos do homem são a medida de todas as coisas, quando na verdade eles distorcem e corrompem a percepção sobre as coisas (BACON, 1988).
- Ídolos da caverna: são as interpretações individuais da realidade, dessa forma cada qual guiará suas observações segundo uma orientação, por isso é possível que se faça interpretações equivocadas ou recobertas de acasos sobre dado fenômeno (BACON, 1988).

- Ídolos de foro: se originam do discurso, as palavras tem o poder de clarear e de perturbar o intelecto, já que permitem ambiguidades. Muitas vezes elas são as principais responsáveis por inúmeras e inúteis fantasias e controvérsias (BACON, 1988).
- Ídolos do teatro: se inserem no espírito a partir dos sistemas filosóficos e em regras de demonstração, sem sustentação, portanto, falseadas como num teatro em que a verdade é somente um detalhe e o que importa é a divagação (BACON, 1988).

Para Bacon estes ídolos eram responsáveis pela estagnação do progresso da ciência e pela forma como o homem era educado, distanciado do mundo real, pois o intelecto humano fica à mercê de suas peculiaridades e propriedades, deixando-se abalar facilmente.

Por isso, ao longo de sua obra, Bacon (1988) irá propor o caminho correto para se encontrar a verdade contida no livro da natureza, proposta materializada no método indutivo, do qual se usa de observação e de experiências para formulação e testes de hipótese que darão origem a generalizações e leis. Vejamos um trecho do livro que confirma esta ideia,

Na verdade, os sentidos, por si mesmo, são algo débil e enganador, nem mesmo os instrumentos destinados a ampliá-los e aguça-los são de grande valia. E toda verdadeira interpretação da natureza se cumpre com instancia e experimentos oportunos e adequados, onde os sentidos julgam somente o experimento e o experimento julga a natureza e a própria coisa (BACON, 1988, p. 26)

Ao longo dos aforismos seguintes Bacon continua dando ênfase na defesa da experimentação como forma de conhecer a verdade das ciências e desvendar passo a passo os caminhos da verdade. Para ele, com a ciência, “pretendemos deduzir das obras e experimentos as causas e os axiomas e depois, das causas e princípios, novas obras e experimentos, como cumpre aos legítimos interpretes da natureza” (BACON, 1988, p. 76), pois “tudo que é digno de existir é digno de ciência, que é a imagem da realidade” (BACON, 1988, p. 79).

Para isso, nos aforismos finais do livro I Bacon reporta e classifica dois tipos de experimentos – lucíferos e frutíferos – quanto à sua utilidade, sendo os experimentos lucíferos aqueles que abordam axiomas e conhecimentos isolados, sem utilidade prática quando vistos individualmente, mas que quando em associação a outros compõem

experimentos importantes a se considerar. Já os experimentos frutíferos são aqueles que possuem utilidade imediata partindo de conhecimentos práticos (BACON, 1988).

Assim, Bacon (1988) finaliza o livro I com a ideia de que muitas invenções podem ser desdobradas, muitos axiomas e ideias podem ser concebidas se o caminho ou via do pensamento seguirem a perspectiva do Indutivismo, afirmando que a ciência somente alcançaria qualquer avanço se fosse praticada por métodos que conduzissem e produzissem significativos resultados práticos (BACON, 1988).

A verdade científica e a utilidade deveriam, para Bacon, ser os alicerces do pensamento Indutivista, desde que se evite toda e qualquer abstração que não seja passível de experimentação.

Para descrever melhor o método Indutivo, Bacon usa o livro II do *Novum Organum* (1988), o qual apresenta aforismos “*Sobre a interpretação da natureza e o reino do homem*” (BACON, 1988).

Bacon (1988), afirma que

As indicações acerca da interpretação da natureza compreendem duas partes gerais: a primeira, que consiste em estabelecer e fazer surgir os axiomas da experiência; a segunda, em deduzir e derivar experimentos novos dos axiomas (BACON, 1988, p. 102)

A primeira parte dita por Bacon no trecho anterior divide-se em três administrações, sendo elas, dos sentidos, da memória e da razão, que guiarão o espírito na busca pela verdadeira natureza da experimentação, pois,

A história natural e experimental é tão vária e ampla que confunde e dispersa o intelecto, se não for estatuída e organizada segundo uma ordem adequada. Por isso devem ser preparadas as *tábuas* e *coordenações de instâncias*, dispostas de tal modo que o intelecto com elas possa operar (BACON, 1988, p. 102).

As tábuas e as coordenações de instâncias serviriam, segundo Bacon (1988), como metodologia para uma primeira análise de um fenômeno, assim, elas deveriam ser distribuídas segundo suas características e especificidades, a saber,

- Tábua da presença ou afirmação: deveria conter um levantamento de todos os casos em que o fenômeno ou o problema aparece, desde que apresente as mesmas características.

- Tábua das ausências ou negação: deveria conter uma lista dos casos verificados em que dado fenômeno não ocorre.
- Tábua das graduações ou comparações: nelas esperava-se que contivesse a anotação dos diferentes graus de variação do fenômenos, descobrindo-se as correlações entre as modificações.

Na apresentação das tábuas, Bacon (1988) usa o exemplo do calor e do frio, por isso, no decorrer de suas descrições pode-se observar a sugestão de alguns procedimentos experimentais indutivos dentre os quais estão a:

- Variação: comparar as análises de um fenômeno cuja dimensão é propositalmente alterada (ex: alterar a massa de um corpo e comparar suas velocidades médias)
- Prolongação: deve-se aplicar do mesmo princípio à fenômenos naturais alterados e comparar os resultados (ex: submeter a análise com imã um pedaço de metal e uma solução aquosa deste mesmo metal)
- Transferência: consiste em imitar um fenômeno natural com a intenção de obter o mesmo resultado que a natureza.
- Inversão: estudar a inversão de um dado fenômeno, comparando-se pelo menos dois deles (geração de frio/calor, por exemplo)
- Compulsão: consiste em analisar a relação causa-efeito dos fenômenos
- União: testar a mistura de dois produtos diferentes que são utilizados para finalidades similares, buscando por melhorias em suas propriedades.
- Mudança de condições: deve-se mudar as condições controláveis como recipientes, temperatura, etc., sem modificar a condição do fenômenos em si, assim se pode analisar as possíveis alterações do fenômeno em condições distintas.

O conjunto das tábuas de investigação e dos procedimentos experimentais contidos em seus exemplos foi denominado por Bacon (1988), como “Permissão ao Intelecto ou de Interpretação inicial ou ainda de Primeira Vindima” (BACON, 1988, p. 128), fazendo referência aos primeiros passos na condução do estudo do objeto. Segundo Bacon,

Depois das tábuas de primeira citação, depois da rejeição ou exclusão e depois da primeira vindima, feita segundo aquelas tábuas, é necessário passar aos outros auxílios do intelecto na interpretação da natureza, bem como à indução verdadeira e perfeita (BACON, 1988, p. 133).

Para proporcionar a sequenciação da interpretação da natureza, como descrito no trecho anterior, Bacon (1988), apresenta vinte e sete instâncias prerrogativas, caracterizando-as como o estudo do objeto em sentido restrito, de acordo com a manifestação empírica do objeto.

Ao longo dos aforismos XXII a LI Bacon descreve cada qual com suas funções<sup>1</sup>. São instâncias prerrogativas: instâncias solitárias, instâncias migrantes, instâncias ostensivas, instâncias clandestinas, instâncias constitutivas, instâncias conformes, instâncias monádicas, instâncias desviantes, instâncias limítrofes, instâncias de potestade, as instâncias de acompanhamento, as instâncias subjuntivas, as instâncias de aliança, as instâncias cruciais, as instâncias de divórcio, instâncias de porta, instâncias de citação, instâncias de caminho, instâncias suplementares, instâncias secantes, instâncias de Vara, instâncias de currículo, instâncias de quantidade, instâncias de luta, instâncias indicadoras, instâncias policrestas e as instâncias mágicas (BACON, 1988).

Após apresentar as instâncias prerrogativas e suas respectivas funções e características que auxiliam na condução da interpretação da natureza, no último aforismo do livro II, Bacon conclui que as instâncias prerrogativas relacionam-se respectivamente com a parte informativa, auxiliando os sentidos e o intelecto, e com a parte operativa, de prática metodológica, facilitando a execução da pesquisa ou com ambas no estudo do objeto (BACON, 1988).

Neste mesmo aforismo, Bacon (1988) finaliza sua obra acreditando ter deixado nas mãos dos homens as etapas para se alcançar a verdade pela experiência, emancipando seu intelecto, libertando da minoridade para que se possa seguir a reforma do estado da humanidade (BACON, 1988).

Pelo pecado o homem perdeu a inocência e o domínio das criaturas. Ambas as perdas podem ser reparadas, mesmo que em parte, ainda nesta vida; a primeira com a religião e com a fé, a segunda com as artes e com as ciências. Pois a maldição divina não tornou a criatura irreparavelmente rebelde; mas, em virtude daquele diploma: *Comerás do pão com o suor de tua fronte*, por meio de diversos trabalhos (certamente não pelas disputas ou pelas ociosas cerimônias mágicas), chega, enfim, ao homem, de alguma parte, o pão que é destinado aos usos da vida humana (BACON, 1988, p. 230-231).

---

<sup>1</sup>Faremos um recorte da ideia geral do livro e apresentaremos brevemente as instâncias prerrogativas sem nos estendermos a suas principais características, pois nosso objetivo é traçar um panorama do papel do experimento/experimentação para Bacon e não discutir detalhes de sua epistemologia.

Deste modo, podemos concluir que na epistemologia de Francis Bacon, a experimentação é a única maneira de conhecer e dominar a verdade nas ciências, tudo pode ser submetido ao método Indutivo ou pode ser guiado pelas tábuas de entendimento e pelos procedimentos experimentais, para que assim se possa fazer as devidas generalizações sobre a verdade da ciência.

## SEÇÃO 02 A EXPERIÊNCIA/EXPERIMENTAÇÃO NO INDUTIVISMO DE DAVID HUME.

Usaremos como base para escrita desta seção a obra *Investigações sobre o entendimento humano e sobre os princípios da moral* (2004) de David Hume, publicada em sua primeira versão em meados de 1748 e 1751.

Para um empirista como Hume, os conhecimentos físicos provêm da percepção do mundo externo. Um sujeito só consegue de fato conhecer um objeto se experienciá-lo, pois não há nada nas nossas ideias que não provenha dos nossos sentidos (HUME, 2004).

Sendo assim, a abstração (ideia) deve passar, via de regra, pela combinação da sensibilidade e do entendimento para que possa ser considerada verdadeira. Há portanto o entendimento de que a ideia é uma cópia, uma percepção mais fraca das impressões produzidas pela visão, o tato, o olfato e o paladar, por exemplo.

Outra noção importante que devemos citar quando falamos do Empirismo de David Hume é a noção de causalidade, ou seja, é o resultado da nossa forma habitual de perceber os fenômenos de causa e efeito. Por exemplo, observamos que ao soltar um objeto ele percorre um trajeto em linha reta em direção ao chão. À esse fenômeno atribuímos o efeito da gravidade, logo sabemos que todas as vezes que um objeto for solto no espaço ele cairá. A esta conexão entre uma causa e seu efeito chamamos causalidade.

Para Hume o hábito é tudo aquilo que nos leva a inferir a existência de um objeto (efeito) do aparecimento de outro (causa). Dessa forma, uma causa primeira para este autor é intangível, sendo assim, a “filosofia natural” deve fundamentar-se na experiência de observações consecutivas que, por força dos hábitos, possibilita a elaboração do conhecimento.

Diante deste panorama simplificado do pensamento de Hume, iniciaremos com a assimilação do primeiro capítulo do livro que citamos anteriormente, *Investigação sobre o entendimento humano* (2004), seção I, no qual o autor traz uma discussão sobre as diferentes espécies de filosofia<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Para Hume o entendimento humano está ligado a dois tipos de filosofias, uma simples que regula os sentimentos sem a pretensão de estar metodicamente correta em suas ideias e uma abstrusa, que usa do raciocínio crítico e a instrução como fonte para o entendimento, enquanto esta última influencia nosso pensamento para as verdades ocultas e instrucionais a outra nos inclinam para o lado sentimental.

Esta seção é dedicada à crítica da razão, ou seja, a capacidade de conhecer as questões de fato ou a existência real. Para Hume (2004) a filosofia por si só pode pensar sobre as coisas, mas não pode construir o conhecimento. Tendo em vista que somente pela experiência podemos conhecer, somente pelo pensamento não se poderá conhecer algo, pois

O raciocínio exato e justo é o único remédio universal, apropriado a todas as pessoas e a todas as inclinações, e só ele é capaz de subverter essa filosofia abstrusa e o jargão metafísico que, misturado a superstição popular, tornam-na de certo modo inexpugnável aos arguidores negligentes, e emprestam-lhe ares de ciência e de sabedoria (HUME, 2004, p. 14).

A intenção de Hume neste trecho é mostrar como a filosofia abstrusa é confusa e difícil de entender e como ela pode por isso ser enganadora, já que muitas vezes a articulação da fala ou escrita pode levar o homem comum a crer na capacidade intelectual do locutor, sem precisar pôr à prova da razão o que foi mencionado.

Assim Hume, termina esta seção com a consideração de que,

Dar-nos-emos por felizes se pudermos unir as fronteiras das diferentes espécies de filosofia, reconciliando a investigação aprofundada com a clareza, e a verdade com a inovação. E por mais felizes ainda se, ao raciocinar dessa maneira descomplicada, formos capazes de minar as fundações de uma filosofia abstrusa que parece ter servido até agora apenas como abrigo para a superstição e como anteparo para o erro e a absurdidade. (HUME, 2004, p. 32)

Fazendo uma ligação entre o pensamento das diferentes filosofias<sup>3</sup>, Hume (2004) inicia a discussão sobre a origem das ideias, supondo que, tendo a ideia sua origem na experiência e sendo a experiência a mais viva forma de conhecer, mesmo que não se caracterize pela total verdade, “o mais vívido pensamento será sempre inferior à mais obtusa das sensações” (HUME, 2004, p. 33), ou seja, para Hume a experiência é uma fonte mais viva e direta das sensações internas e externas. Como dito resumidamente no início desta seção, para Hume todas as percepções da mente podem ser divididas em duas classes, as mais fracas são comumente denominadas pensamentos ou ideias e as mais fortes são as impressões, entendendo por impressão, “todas as nossas percepções mais vívidas, sempre que ouvimos, ou vemos, ou sentimos, ou amamos, ou odiamos, ou desejamos ou exercemos nossa vontade” (HUME, 2004, p. 34).

---

<sup>3</sup> Uma ligada ao sentimentalismo e outra ao racionalismo crítico.

Mesmo sendo o pensamento a classe de percepções mais fraca, com ele podemos conceber aquilo que nunca vemos ou ouvimos falar antes, e não há nada que esteja fora do alcance do pensamento, mesmo assim, se analisarmos mais a fundo, nosso pensamento tem na verdade o poder de fazer associações de coisas já conhecidas, formando uma ideia híbrida (HUME, 2004). Por exemplo, podemos pensar em uma sereia, ou seja, um ser híbrido, um misto de peixe e mulher, logo, formaremos a ideia desse ser associando o que sabemos sobre um peixe e sobre uma mulher, da mesma forma podemos pensar em uma casa de doces, uma montanha de ouro, um cavalo alado, enfim,

Por mais complexos ou grandiosos que sejam, sempre verificamos que eles se decompõem em ideias simples copiadas de alguma sensação ou sentimento precedente. Mesmo aquelas ideias que, à primeira vista, parecem as mais afastadas dessa origem revelam-se, após um exame mais detido, dela derivadas [...] para cada ideia que examinamos sempre descobriremos que ela é cópia de uma impressão semelhante (HUME, 2004, p. 36).

Da mesma forma que um homem surdo não pode experimentar os sons, não se pode formar ideias correspondentes a experiências que não tivemos, por isso faz-se necessário, atribuir qualquer impressão para confirmar nossas suspeitas. Para Hume, as ideias derivam das correspondentes impressões e os princípios que nos levam a estabelecer conexões entre elas são a semelhança, a contiguidade no tempo e a relação entre causa e efeito. A conclusão dada por Hume é “de que os três princípios que conectam todas as ideias são as relações de semelhança, contiguidade e causalidade” (HUME, 2004, p. 52).

Tendo em vista que para Hume todos os objetos da razão humana se dividem em relações de ideias e questões de fato, nas relações de ideias as afirmações são intuitivas ou demonstrativamente certas, como as operações da álgebra que podem ser descobertas pela simples relação do pensamento, mesmo que de fato não existam em nosso universo.

As questões de fato não são processadas pelo pensamento da mesma maneira, “todos os raciocínios referentes a questões de fato parecem afundar-se na relação de causa e efeito.” (HUME, 2004, p. 54).

Hume (2004), chega a citar exemplos sobre a relação entre causa e efeito, como se sentimos um calor vindo de um cômodo de uma casa (efeito), logo imaginamos que naquele cômodo há uma fonte de calor, como uma lareira ou um fogão acesos (causa), ou então se chegarmos em uma ilha deserta e encontrarmos um relógio (efeito), logo

sabemos que a ilha não é completamente deserta, mas que algo levou aquele relógio para lá, provavelmente alguém que mora ou já esteve lá antes de nós (causa), assim, para Hume (2004), se algo completamente novo nos for apresentado mesmo com exame minucioso de todas as características desse objeto não teremos a certeza qual sua função, visto que nunca o experimentamos.

Essa proposição de que causas e efeitos são descobertos não pela razão, mas pela experiência será facilmente aceita com relação a objetos que temos lembrança de nos terem sido outrora completamente desconhecidos, dado que estamos com certeza conscientes de nossa total inabilidade, na ocasião, de prever o que deles resultaria (HUME, 2004, p. 56).

Novamente, Hume salienta que o papel da experiência é conhecer, quando falamos de causa e efeito, somente conhecemos o efeito se alguma vez experimentamos (vemos, ouvimos, tateamos) a causa daquele fenômeno, mesmo que muitas vezes sejamos enganados pelo hábito, que tende a prever pela razão a causa de um efeito, Hume frisa que, “em vão, portanto pretenderíamos determinar qualquer ocorrência individual, ou inferir qualquer causa ou efeito, sem a assistência da observação e experiência” (HUME, 2004, p. 59).

Mesmo sendo a filosofia natural elevada ao patamar mais alto da precisão de raciocínio, ela não se constituiria sem o uso de raciocínios com base em analogias, experiências e observações. Para Hume (2004) um cientista não seria capaz de conhecer pelo próprio raciocínio que o gelo é feito do frio, sem que nunca tivesse mantido contato e familiarizado com essa qualidade, e também diz que,

A geometria nos ajuda a aplicar essa lei, fornecendo-nos as dimensões corretas de todas as partes e grandezas que podem entrar em qualquer espécie de máquina a descoberta da própria lei continua devendo-se simplesmente à experiência, e todos os raciocínios abstratos do mundo nunca poderiam nos levar a um passo adiante na direção de sua descoberta (HUME, 2004, p. 60-61).

Em suma, podemos afirmar, com base nos pressupostos da filosofia de Hume, que a natureza de todos os nossos raciocínios acerca das questões de fato se fundam em questões de causa e efeito e que essa relação se fundamenta pela experiência, que por vez não pode estar baseada no raciocínio ou em qualquer processo de entendimento (HUME, 2004).

Dessa forma podemos afirmar que para Hume a experiência é a maneira pela qual se conhece todas as “questões de fato ou existência real” (questões físicas).

A verdade é que um raciocinador inexperiente não poderia de forma alguma raciocinar se lhe faltasse por completo a experiência; e, quando dizemos que alguém é inexperiente, estamos aplicando essa denominação num sentido apenas comparativo e supondo que ele possui experiência em um grau menor e mais imperfeito (HUME, 2004, p. 77).

### **SEÇÃO 03 A EXPERIÊNCIA/EXPERIMENTAÇÃO PARA O POSITIVISMO DE AUGUSTE COMTE.**

Na epistemologia de Auguste Comte (1798-1857), apresentada em sua obra *Curso de Filosofia Positiva* (1978), usada como base nesta seção, são trazidas duas lições com o propósito de expor ao leitor os contornos da filosofia positivista e mostrar a maneira pela qual a humanidade evolui ou, na linguagem comteana, progride em direção a um modelo de maior desenvolvimento intelectual e social.

Como mencionado no parágrafo anterior, para Comte, o espírito humano alcança sua evolução através de uma marcha progressiva, cuja ordem comanda os passos dessa caminhada. Para ele, não pode haver revoluções, crises ou algo que quebre a pacificidade da ordem durante o progresso. Assim, ele concebe três estados históricos diferentes pelos quais cada ramo do nosso conhecimento pode passar para alcançar o progresso, sendo eles:

1. O estado teológico, marcado por concepções fictícias, cuja arbitrariedade é atribuída à vontade divina.
2. O estado metafísico, marcado por abstrações filosóficas.
3. O estado científico, marcado pelo uso da filosofia natural, positivista, de cunho científico.

Estes três estados históricos diferentes dão origem a três métodos de filosofar de similar nomeação. O primeiro, chamado método teológico, é o ponto de partida para a inteligência humana. Nele todos os fenômenos são atribuídos às vontades de uma divindade, que conhece e rege sobre todas as coisas; dessa forma todas as explicações e investigações são dirigidas para a natureza íntima dos seres, pela ação direta e contínua de um deus, cuja intervenção arbitrária explica as anomalias (COMTE, 1978).

O segundo método de filosofar é chamado de metafísico. Nele os agentes sobrenaturais e religiosos, são substituídos por forças abstratas; este método é considerado de transição, visto que dá abertura para o terceiro e último método, o método positivo.

No método positivo, reconhece-se a impossibilidade de obter noções absolutas sobre todas as coisas e inicia-se a preocupação em descobrir o mundo pela combinação

de raciocínios e observações, estabelecendo com isso relações de sucessão e similitude (COMTE, 1978).

A epistemologia positiva estabelecerá, portanto, as relações entre fenômenos particulares e fatos gerais, sendo a natureza encarada como a fonte exclusiva de todos os fenômenos (COMTE, 1978).

Desta maneira faz-se necessário romper com os pensamentos antigos e buscar um progresso organizado em busca de um estado mais avançado de conhecimento.

Comte destaca que,

No entanto, além da observação direta, geral ou individual que prova a exatidão dessa lei, devo sobretudo, nesta indicação sumária, mencionar as considerações teóricas que fazem sentir sua necessidade. A mais importante [...] consiste na necessidade, em todas as épocas, duma teoria qualquer para ligar os fatos, necessidade combinada com a impossibilidade evidente, para o espírito humano, é necessário formar teorias a partir de observações [...] somente são reais os conhecimentos que repousam sobre fatos observados[...] pois se de um lado toda teoria positiva deve necessariamente fundar-se sobre observações, é igualmente perceptível, de outro, que, para entregar-se à observação, nosso espírito precisa duma teoria (COMTE, 1978, p. 05)

Assim, diante dos pressupostos do positivismo de Comte, toda teoria deve necessariamente fundar-se em observações, ou seja, naquilo que se pode experienciar, “pois somente a experiência pode nos oferecer a medida de nossas forças” (COMTE, 1978, p. 06).

Com a intenção de sistematizar as propriedades e consequências fundamentais de sua teoria Comte, traz em sua primeira lição uma discussão sobre a maneira como o Positivismo constitui o melhor meio de conhecer as coisas. Para ele, o Positivismo é o verdadeiro meio racional de pôr em evidência as leis lógicas do espírito humano, através de observações aprofundadas das leis estabelecidas. Assim,

O primeiro grande resultado da filosofia positiva, a manifestação pela experiência das leis que nossas funções intelectuais seguem em suas realizações, e, por conseguinte, o conhecimento preciso das regras gerais convenientes para proceder de modo seguro na investigação da verdade (COMTE, 1978, p. 15).

O segundo grande resultado é também visto por Comte como uma necessidade fundamental, preocupada em versar sobre a implantação do sistema positivista no ensino. Para ele, deve-se não somente estudar a maneira de reorganizar as generalidades científicas da educação, mas deve-se também contribuir para o progresso particular das diversas ciências positivas (COMTE, 1978).

Com a intenção de contribuir para o progresso particular das diversas ciências positivas, Comte (1978), acredita que o assunto de nossas investigações é uno, ou seja, nós a dividimos artificialmente com a intenção de separar suas dificuldades, e nesse processo de quebra levamos mais tempo para resolução dos problemas do que seria necessário se usássemos de vários pontos de vista para sua resolução. Esta ideia constitui a terceira propriedade fundamental do positivismo, ou seu terceiro grande resultado.

A quarta e última propriedade fundamental do positivismo citada por Comte é mais bem descrita pelas próprias palavras do autor, “só a filosofia positiva pode ser considerada a única base sólida da reorganização social, que deve terminar o estado de crise no qual se encontram, há tanto tempo, as nações mais civilizadas” (COMTE, 1978, p. 17), em suma, a filosofia positiva deve ser considerada a única base sólida da reorganização social.

Tendo determinado de maneira sucinta a meta, o espírito e a influência da filosofia positiva apresentada por Comte em sua primeira lição, passemos para as considerações da segunda lição, na qual se aborda a hierarquia geral das ciências positivas.

O plano geral da hierarquia das ciências positivas se embasa em princípios de simplicidade, generalidade decrescente e na dependência crescente de fenômenos estudados.

No decorrer dessa seção buscaremos dar os contornos para os princípios dessa hierarquia, iniciando com as considerações de Comte sobre o trabalho humano.

Para Comte,

Todos os trabalhos humanos são especulações ou ações. Assim a divisão mais geral de nossos conhecimentos eis que consiste em distingui-los em teórico e prático. Se considerarmos de início esta primeira divisão, é evidente que somente os conhecimentos teóricos devem ser tratados num curso da natureza deste, pois não cabe observar o sistema inteiro das noções humanas, mas unicamente o das concepções fundamentais, sob as diversas ordens dos fenômeno, que concernem uma base sólida para todas e quaisquer de nossas combinações, e que não estão por sua vez fundadas sobre algum sistema intelectual antecedente (COMTE, 1978, p. 22).

Dessa forma, para a epistemologia comteana, o conhecimento das leis dos fenômenos, cujas previsões de resultados são previsíveis, pode nos conduzir à modificações dos fenômenos que nos forem convenientes, ao mesmo tempo em que podem nos fornecer uma utilidade prática e imediata. Em resumo, “*ciência, daí previdência; previdência, daí ação*: tal é a formula muito simples que exprime, duma

maneira exata, a relação geral da *ciência* e da *arte*, tomando essas duas expressões em sua acepção total” (COMTE, 1978, p. 23).

O trecho transcrito anteriormente<sup>4</sup>, é também um dos lemas do positivismo. Para Comte (1978), a *arte* constitui todas as aplicações práticas da ciência, dessa forma, toda *arte* dependerá de uma ciência correspondente, assim as artes mais importantes e complexas, dependerão de várias ciências, por exemplo, a agricultura, dependerá da ciência biológica, Química, física, astronômica, entre outras, para se desenvolver (COMTE, 1978).

Para que se tenha uma sistematização e organização dessas concepções e aplicações práticas da ciência, Comte propõe que se instaure um modelo enciclopédico, cuja função é a de servir de base para disseminação da doutrina e também atuará como base para a educação científica, podendo ser usado como método (COMTE, 1978).

No modelo enciclopédico positivista, a ciência pode ser tratada por dois caminhos distintos, sendo eles o caminho histórico e o caminho dogmático (COMTE, 1978).

No caminho histórico, os conhecimentos são expostos de maneira sucessiva, adotando quando possível, as mesmas vias, já no segundo, a ideia é apresentada tal como nos é conveniente hoje, numa perspectiva que refaz a ciência sem se preocupar com os períodos históricos em que ela foi concebida (COMTE, 1978).

À medida que a ciência progride torna-se mais difícil usar o caminho histórico, pois há muitos intermediários que a ciência necessita percorrer, e então a ordem dogmática torna-se mais possível, já que as concepções são apresentadas com um ponto de vista mais direto. O ideal para Comte seria promover uma mescla de dois caminhos para uma aprendizagem mais efetiva do método, assim, os pontos mais importantes dos dois caminhos seriam ressaltados de maneira que se complementassem.

Nesta mescla as ciências naturais estariam organizadas e divididas em duas classes, de corpos brutos e de corpos organizados.

Na classe dos corpos brutos, estariam organizadas as leis gerais da física inorgânica, também chamada por Comte de física terrestre, cuja função é realizar o estudo dos fenômenos físicos e químicos. A classe dos corpos organizados, compreenderia o

---

<sup>4</sup> Com grifos do autor.

estudo dos seres vivos e se subdivide em duas vertentes para o estudo dos fenômenos relativos ao indivíduo, caracterizando a sociologia e o estudo dos fenômenos relativos à espécie, como os estudos de fisiologia por exemplo (COMTE, 1978).

É necessário que os modelos enciclopédicos possuam uma certa precisão e, para Comte, a precisão deve ser atribuída ao pensamento matemático; o pensamento matemático seria o principal colaborador para determinar diretamente o verdadeiro plano geral da educação científica racional.

Comte, alerta também que devemos estar cientes de que o pensamento matemático é uma fonte confiável de precisão, mas que não se deve confundir os termos precisão e certeza, já que a retórica e a argumentação podem contribuir para uma falsa precisão de uma matemática mal intencionada. Devemos, na epistemologia positivista, embasar as teorias em experiências e observações, físicas ou matemáticas precisas e com alto grau de certeza.

Pois, para Comte,

Embora o método seja essencialmente o mesmo em todas, cada ciência desenvolve especialmente este ou aquele de seus procedimentos característicos, cuja influência, muito pouco pronunciada em outras ciências, passaria despercebida. Assim, por exemplo, em certos ramos da filosofia, é a observação propriamente dita; em outros, é a experiência, e esta ou aquela natureza de experiências, que constituem o principal meio de exploração (COMTE, 1978, p. 37).

Portanto, o papel da experiência na epistemologia de Comte dependerá da natureza da ciência que se quer estudar. Sendo nossa investigação pautada nos pressupostos da Química, classificada por Comte como fenômenos de corpos brutos, podemos afirmar que o papel da experimentação neste ramo da ciência é ser o principal meio de exploração e verificação de teorias.

Assim, todo conhecimento para Comte é constituído do uso bem combinado do raciocínio e da observação, pois “todos os bons espíritos repetem, desde Bacon que somente são reais os conhecimentos que repousam sobre fatos observados” (COMTE, 1978, p. 05).

## **AS CRÍTICAS CONTEMPORÂNEAS SOBRE O PAPEL DA EXPERIÊNCIA/EXPERIMENTAÇÃO NA HISTÓRIA DO PENSAMENTO.**

Esta parte tem a intenção de abordar a utilidade do experimento/experimentação contido nas epistemologias de alguns filósofos da ciência, como Bachelard (1884- 1962), Popper (1902-1994), e Kuhn (1922 -1996).

A escolha desses filósofos se deu porque em seus trabalhos é reconhecida a influência do Indutivismo de Bacon, do Empirismo de Hume e do Positivismo de Comte, além da preocupação em descrever o desenvolvimento e as características das ciências naturais, até então chamadas de filosofias naturais.

Nossa intenção, é que, ao final desse capítulo, tenhamos base teórica suficiente para montar um quadro ilustrativo fazendo referência ao filósofo escolhido e sua concepção sobre o papel da experimentação no ensino e prática das ciências naturais, para mais adiante usarmos desse quadro como base de nossa análise.

Por ora, iniciamos a apresentação das seções destinadas à explanação das principais características das epistemologias de Gaston Bachelard, Karl Popper e Thomas Kuhn.

### **SEÇÃO 01 A EXPERIÊNCIA/ EXPERIMENTAÇÃO NA EPISTEMOLOGIA DE GASTON BACHELARD.**

Baseados nas obras, *A formação do espírito científico* (1996), *A filosofia do não* (1978), e *O pluralismo coerente da Química moderna* (2009) de Gaston Bachelard e em sua principal comentadora brasileira Marly Bulcão, cuja obra, *O racionalismo da ciência contemporânea* (1999) é dedicada a discutir a epistemologia bachelardiana, damos início a uma breve descrição dos principais pontos desta epistemologia, buscando apontar e caracterizar na teoria de Bachelard o papel da experimentação no desenvolvimento da ciência.

Para Bachelard, o princípio básico do conhecimento é o questionamento, ou seja, é preciso saber formular um bom problema para que durante o processo de construção de sua resposta se possa construir o conhecimento. Contudo é preciso que os indivíduos

envolvidos nesse processo estejam dispostos a buscar a resposta mantendo seu espírito aberto às novas questões e reformulações na busca pelo conhecimento (BACHELARD, 1996).

Para a epistemologia bachelardiana, manter o espírito aberto e aceitar o dinamismo da ciência são dois dos quesitos necessários para desenvolver o espírito científico, pois Bachelard ressalta que é comum observar que os pesquisadores, depois de muito tempo em serviço passam a acomodar-se, causando um declínio em seu trabalho, já que passam a não admitir seus erros, tratando suas respostas como verdadeiras para todos os questionamentos da ciência. Bachelard salienta que, “o homem movido pelo espírito científico deseja saber, mas para, imediatamente, melhor questionar” (BACHELARD, 1996, p. 20) e não para dar uma resposta como verdadeira e acabada.

A crítica tecida por Bachelard à acomodação dos cientistas a padrões e normas em detrimento da aventura da busca do conhecimento manifesta-se em vários de seus trabalhos e caracteriza-se pela defesa de uma posição epistemológica segundo a qual a ciência não existe sem o exercício constante da reflexão. De fato, para Bachelard,

Toda cultura científica deve começar por uma catarse intelectual e afetiva. Resta, então, a tarefa mais difícil: colocar a cultura científica em estado de mobilização permanente, substituir o saber fechado, e estático por um conhecimento aberto e dinâmico, dialetizar todas as variáveis experimentais, oferecer enfim à razão razões para evoluir (BACHELARD, 1996, p.24).

No percurso da evolução da prática científica surgem valores que impedem ou retardam o desenvolvimento da ciência. À estes Bachelard dá o nome de Obstáculos Epistemológicos.

Antes de iniciar a exposição dos tipos e características dos obstáculos epistemológicos de Bachelard, devemos ter em mente dois aspectos iniciais da evolução dos estados científicos e dos estados de espírito propostos nessa teoria.

Bachelard, traz em seu prefácio um esclarecimento sobre o que ele considera as etapas históricas do pensamento científico, sendo elas: Pré-científico, compreendem a Antiguidade, o Renascimento e os séculos XVI a XVIII, o Estado Científico, compreendido na segunda metade do século XVIII ao século XX e o Novo Espírito Científico que compreende as teorias contemporâneas partindo do ano de 1905 marcado pelas abstrações mais audaciosas de Einstein.

Diante dessas etapas históricas do pensamento, Bachelard também retrata os estados de espírito esperados, segundo critérios de experimentação, sendo eles: Estados Concretos, voltados para observações da natureza e exemplos palpáveis, Estado Concreto-Abstrato, as evidências de uma teoria já podem ser dadas por meio de experiências físicas que descrevem a natureza das teorias e o Estado Abstrato, no qual já se pode desligar a teoria da experiência imediata e se alcança a racionalização completa.

Há de se ter em mente que a evolução dos estados de espírito não é uniforme, já que dado conceito pode estar em partes em um estado concreto-abstrato e em outras em um estado concreto e vice-versa (BULCÃO, 1999) e que o erro não é um fator que deve ser descartado, mas deve ser entendido como uma forma de superação para o avanço do conhecimento científico.

Por este motivo, segundo Bulcão, o progresso da ciência na teoria bachelardiana é feito em cada momento crítico da história da ciência. Todo erro derivado do ato de conhecer deve ser reconhecido, equacionado e repensado para que seja superado; se este erro não for superado, ocorrerá uma ruptura ou uma perturbação que se ligam ao ato de conhecer e causam deficiência de pensamentos; essa deficiência está ligada a ideia de obstáculos epistemológicos.

Os obstáculos epistemológicos abordados por Bachelard dividem-se em: obstáculo decorrente da experiência primeira, obstáculo decorrente do conhecimento geral, obstáculo verbal, obstáculo do conhecimento unitário ou pragmático, obstáculo substancialista, obstáculo do realismo, obstáculo animista, o mito da digestão, a libido e obstáculo do conhecimento quantitativo.

O obstáculo da experiência primeira é descrito por Bachelard como,

A experiência primeira ou, para ser mais exato, a observação primeira é sempre um obstáculo inicial para a cultura científica. De fato, essa observação primeira se apresenta repleta de imagens: é pitoresca, concreta, natural, fácil. Basta descrevê-la para se ficar encantado. Parece que a compreendemos (BACHELARD, 1996, p. 25).

Em seu livro, *A formação do espírito científico* (1996), Bachelard dedica várias páginas dando exemplos de obstáculos da experiência primeira. Em todos eles a intenção do autor é de mostrar como uma observação inicial sem um tempo para reflexão pode estar equivocada, gerando assim conclusões precipitadas sobre os fenômenos.

A experiência primeira, como dito no trecho de Bachelard anterior, é carregada de observações imediatistas e cotidianas, ela não é racional e muitas vezes temos a impressão

de que somos capazes de responder a pergunta antes que ela seja completamente formulada, fazemos uma racionalização imprudente e a usamos para dar explicações.

Situações dessa natureza acontecem frequentemente no ensino de ciências, principalmente nas aulas de laboratório. O verdadeiro objetivo da aula é deixado de lado, pois dá-se excessiva importância à simples observação dos fatos, decorrentes da graciosidade dos experimentos de ciências, em detrimento do exercício analítico, compreensivo e racional. É comum que os alunos permaneçam extasiados diante de experimentos chamativos, principalmente aqueles que envolvem explosões ou mudanças bruscas das características originais dos materiais (BACHELARD, 1996).

Bachelard chega a citar que se perguntarmos depois de anos para os alunos que viram um experiência feita com aparato incomum ou então que presenciaram alguma explosão provocada ou acidental em laboratório, eles apenas lembrarão do susto do colega tímido, da expressão do professor ou de seus sentimentos, mas quase nunca se lembrarão do conceito ou da teoria que envolvia tal fenômeno.

Assim, para Bachelard, “Não é, pois de admirar que o primeiro conhecimento objetivo seja o primeiro erro” (BACHELARD, 1996, p. 68).

O próximo obstáculo epistemológico apresentado por Bachelard, é chamado de obstáculo do conhecimento geral. Esse também faz referência a uma maneira vaga de conhecer, assim como o obstáculo da experiência primeira.

A principal característica do obstáculo derivado do conhecimento geral é a sucessão de generalizações. Um dos exemplos citados por Bachelard (1996) é o de coagulação, usado para mostrar com clareza como a utilização de generalizações implica o não desenvolvimento do conhecimento científico.

No período pré-científico, os cientistas tendiam a usar o princípio da coagulação para explicar vários fenômenos, como o ato de talhar o leite para fazer queijos, a explicação para a formação de gordura no fundo dos pratos ao final de uma refeição, o congelamento da água, enfim, fazia-se uma excessiva e incomprovada generalização de explicações para os mais variados fenômenos (BACHELARD, 1996).

A ocorrência deste tipo de obstáculo está mais ligada ao pensamento pré-científico, já que neste tipo de pensamento, classificar os fenômenos já é conhecê-los (BACHELARD, 1996), sendo assim não havia lacunas para o desenvolvimento de críticas ao trabalho da ciência.

Bachelard chega a discutir a tendência dos estudantes em serem barrados por esse obstáculo, pois uma vez aprendida uma lei geral, eles não irão questioná-la, ficando

estabelecido no pensamento deles que não se deve ir além do aprendido e do que pode ser consultado em tabelas e anotações sistemáticas.

A superação deste obstáculo poderia ser dada pelo pensamento científico moderno, pois este se empenha em especificar, limitar as explicações dos fenômenos para que elas se tornem cada vez mais específicas e fechadas (BACHELARD, 1996).

Bachelard dispõe sucintamente sobre o conhecimento geral dizendo, “O conhecimento geral é quase fatalmente conhecimento vago” (BACHELARD, 1996, p. 90)

Dando continuidade aos obstáculos de natureza pré-científica, vamos agora caracterizar o obstáculo verbal ou verbalista.

Bachelard inicia o capítulo de discussão sobre o obstáculo verbal acentuando a importância conferida a uma única imagem ou palavra na explicação de vários fenômenos, acarretando em uma visão simplista e confusa sobre o conceito ou teoria que se quer descrever, pois a palavra pode ter vários sentidos e ambiguidades.

Generalizações indefinidas verbais podem ser dadas de várias formas. Um exemplo citado por Bachelard versa sobre a palavra esponja e seus significados na Química do século XVIII. Entre os cientistas era comum atribuir a aptidão de um material em receber ou absorver algo a palavra esponja. Alguns exemplos são: a capacidade de uma esponja em absorver água, a capacidade do vidro em absorver luz, o ar e a água funcionam como esponjas que absorvem o calor de copos aquecidos, o gelo absorve calor como uma esponja, o sangue é uma esponja impregnada de fogo, entre outros (BACHELARD, 1996).

Em todos estes exemplos vemos que o papel da palavra é ilustrar esquemas racionais e dar explicações generalizadas para organizar as mais diversas experiências.

Semelhante ao obstáculo substancialista é o obstáculos de conhecimento unitário ou pragmático. Bachelard apresenta muitos exemplos estranhos e inconcebíveis no pensamento moderno, mas que na época poderiam ser naturalmente adotados, para explicar este obstáculo.

Segundo Bachelard (1996), o obstáculo pragmático faz referência à tendência de se encontrar utilidade na Natureza harmônica e tutelar, conduzindo a extrapolações despropositadas. Por exemplo, se uma crisálida (terceiro estado do ciclo da vida de alguns insetos como a borboleta) for de alguma forma impermeabilizada, seu desenvolvimento será retardado ou detido, assim os homens poderiam se conservar por mais tempo se aplicasse-lhes algum tipo de verniz para sua impermeabilização. Outro exemplo diz que

os trovões são úteis para fertilizar a terra porque a umidade da terra é renovada pelos cometas no globo terrestre.

Enfim, como se pode ver neste obstáculo, admitir algo realmente inútil para a natureza é um equívoco imperdoável, pois para o espírito pré-científico, verdade e utilidade estão sempre associadas e não é possível conceber experiências que as possam colocar em conflitos (BACHELARD, 1996).

Outro obstáculo trazido nas discussões epistemológicas de Bachelard (1996), é o obstáculo substancialista ou o substancialismo, que em geral, está ligado ao espírito pré-científico. Nele há uma tendência em se aceitar todos os tipos de metáforas para explicação de um dado fenômeno, adicionando às observações das substâncias qualidades ocultas e variadas.

Para Bachelard (1996),

Um dos sintomas mais claros da sedução substancialista é o acúmulo de adjetivos para um mesmo substantivo: as qualidades estão ligadas a substância por um vínculo tão direto que podem ser justapostas sem grande preocupação com suas relações mútuas. Existe no caso um empirismo tranquilo que está longe de provocar experiências. Ele se aprimora com pouco, apenas aumentando o número de sinônimos (BACHELARD, 1996, p. 140).

O grande número de adjetivos atribuídos à uma substância, que funcionava como um medicamento pelos boticários, é um bom exemplo de substancialismo, como é o caso do exemplo abaixo,

Segundo a *Encyclopédie*, a mera raiz de cardosanto é vomitiva, purgativa, diurética, sudorífica, expectorante, emenagoga, alexitérica, cordial, estomacal, hepática, antiapoplética, antiepilética, antipleurética, febrífuga, vermífuga, vulnerária e afrodisíaca, ou seja tem 17 propriedades farmacêuticas (BACHELARD, 1996, p. 141).

A Química foi uma ciência particularmente influenciada por essas ideias (de generalização de experiências e atribuição de vários adjetivos às substâncias), além de atribuir propriedades curativas a minerais e pedras preciosas, como é o caso das discussões sobre o obstáculo realista. Decidimos por mencionar brevemente este obstáculo aqui junto ao substancialista pois seus princípios são semelhantes.

Outro obstáculo trazido na obra de Bachelard, faz referência ao uso de atribuições, como por exemplo, os sentimentos (amor, ódio, afinidade, medo) ou a necessidades primárias (fome, sede), nas reações ou sínteses das ciências em geral, mas especificamente da alquimia e da Química moderna. À este obstáculo dá-se o nome de animismo, ou obstáculo animista.

Um exemplo deste tipo de visão é mostrado no trecho a seguir, “Os corrosivos comuns esfaimados como são, tentam devorar os metais, a fim de matar a fome, atacam-nos com fúria. O antimônio é um lobo devorador (BACHELARD, 1996, p. 217)”

O obstáculo animista é caracterizado por analogias sem nenhum conhecimento sólido e experiências que não correspondem a um problema científico definido. Na maioria dos exemplos citados por Bachelard (1996), há a preocupação do “cientista” em unir em sua pesquisa os três reinos da natureza, mineral, animal e vegetal, fazendo-lhes associações.

O exemplo que citamos no qual os corrosivos são comparados a lobos devoradores também está ligado a outro obstáculo epistemológico, o mito da digestão. Para o espírito pré-científico, a digestão corresponde a uma forma de posse, a fome procede de um estômago vigoroso, que deve possuir o apetite antes de receber o alimento (BACHELARD, 1996).

O estômago era visto portanto, como a melhor forma de digerir que poderia ser observada, já que o mesmo tritura os alimentos sem ruído, sem o fogo e sem ser corrosivo. Por este motivo, recomendava-se que a Química se instrísse através do estudo dos fenômenos da digestão para alcançar a perfeição (BACHELARD, 1996).

Um dos últimos obstáculos mencionados por Bachelard, faz menção à libido. Semelhante ao animismo, a libido atribui gênero a todas as coisas, desta forma atribui-se nas explicações princípios femininos e masculinos aos animais e vegetais, aos minerais atribui-se uma característica hermafrodita, à todas as coisas era adicionado um princípio de vivacidade, como se pode ver no capítulo destinado a discussão da *Libido e conhecimento objetivo* p. 223-258 de Bachelard (1996).

Devido à sua formação na área, Bachelard constantemente remete seus exemplos à Química e ao Ensino de Química em geral. Em sua obra o *Pluralismo coerente da Química moderna* (2009), ele irá adentrar na questão do uso de analogias, não somente de cunho animista ou substancialista, mas discutindo a necessidade primeira que a Química tem em relacionar um conhecimento a algo já conhecido, fazendo comparações, imediatas, superficiais, profundas, retificadas, buscando sistematizar o conhecimento de maneira simplificada para os estudantes de Química (BACHELARD, 2009).

Depois, quando já não se trata de reconhecer os objetos mas de conhecê-los verdadeiramente, o problema epistemológico muda de natureza. É preciso então

destruir as analogias primeiras [...] uma analogia Química nunca é, por função uma analogia superficial. Sempre se apresentarão, mesmo sob formas aparentemente ingênuas, como uma analogia retificada (BACHELARD, 2009, p. 29)

A discussão principal ao redor das analogias girará em torno da necessidade de seu abandono para melhor assimilação das teorias e experimentos. Muitas vezes, conseguir se desvencilhar das analogias é muito difícil, já que a Química em geral usa de modelos mentais para explicar a grande maioria de seus fenômenos, sendo necessária certa abstração para seu entendimento (BACHELARD, 2009).

O último obstáculo abordado por Bachelard (1996), é o conhecimento quantitativo. Nele estão centradas, a preocupação exagerada na exatidão de cálculos matemáticos e na quantificação vaga de todas as coisas.

Como dito por Bachelard, “os obstáculos epistemológicos andam aos pares, até no reino da quantidade vemos opor-se à atração por um matematismo demasiado vago, a atração por um matematismo demasiado preciso” (BACHELARD, 1996, p. 260)

Ao longo do capítulo destinado à exemplificação desse obstáculo, Bachelard faz a exposição de exemplos dos quais se tem uma grande exatidão numérica e outros nos quais o pesquisador se preocupa em fazer aproximações e equivalências fantasiosas, como a variação da temperatura e a estatura dos seres humanos e animais que vivem nos polos e no equador, ou ainda a possibilidade de calcular exatamente o preço de um lote por decímetro cúbico de terra, sendo impossível mensurar esse decímetro com precisão. (BACHELARD, 1996).

Todas essas aproximações e exageros de precisão, fornecem a uma mente preguiçosa uma imediata e desastrosa satisfação, de maneira que a ciência é elevada a um patamar tão alto alicerçado a uma exatidão matemática tão grande que passa ser impossível questionar ou duvidar de seus pressupostos, ideia contrária à epistemologia bachelardiana, pois para ele,

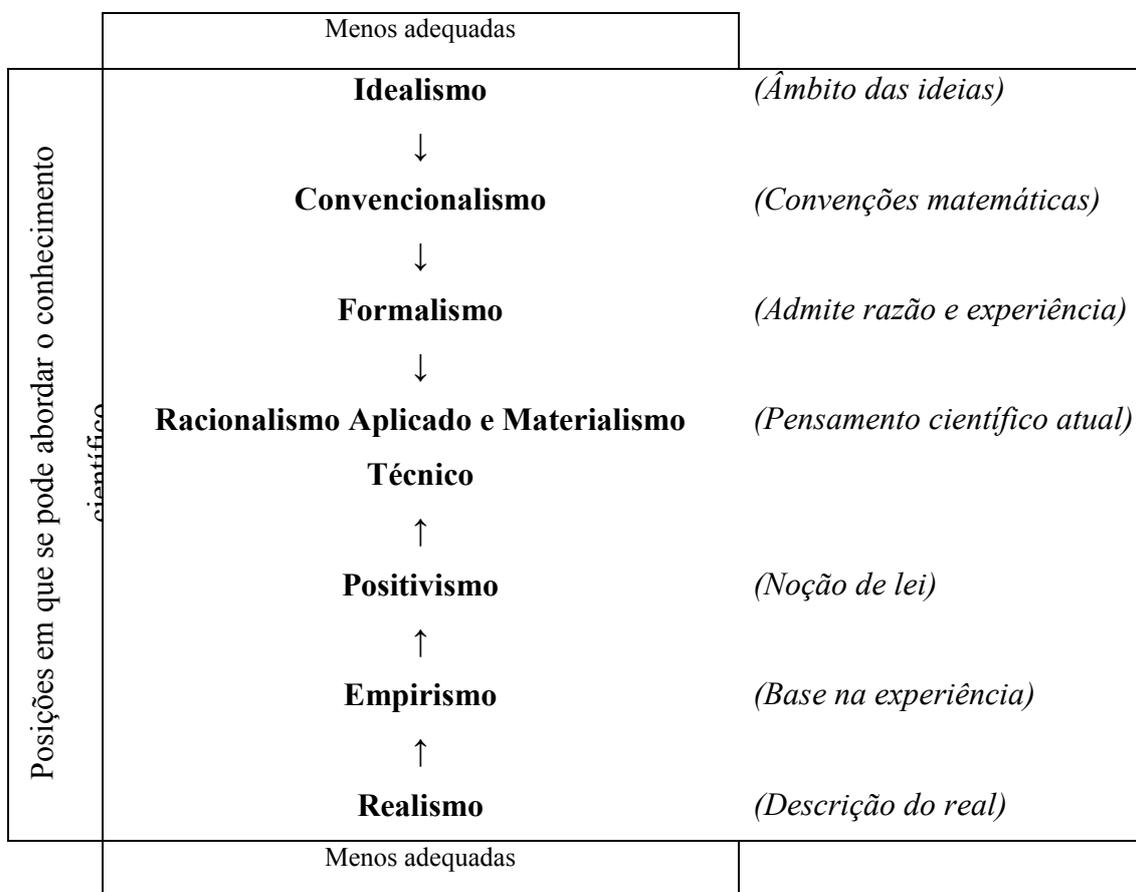
Na obra da ciência, só se pode amar o que se destrói, pode-se continuar o passado negando-o, pode-se venerar o mestre contradizendo-o. Aí, sim, a Escola prossegue ao longo da vida. Uma cultura presa no momento escolar é a negação da cultura científica. Só há ciência se a Escola for permanente. É essa escola que a ciência deve fundar. Então, os interesses sociais estarão definitivamente invertidos: A Sociedade será feita para a Escola e não a Escola para a Sociedade (BACHELARD, 1996, p. 309-310).

Neste sentido, reconhecer o erro como obstáculo é o primeiro passo para superar experimentos de observação primeira, analogias vagas, quantificações exageradas. É um primeiro passo para a abertura de espírito e rompimento com as raízes do espírito pré-científico, buscando o aperfeiçoamento de teorias que compõem a ciência.

Para superar os obstáculos pode ser interessante admitir que o progresso da ciência apresenta filosofias diversas e até mesmo contraditórias, que se alternam e coexistem, fazendo da atividade científica uma atividade variada, sendo necessário portanto um polifilosofismo (BULCÃO, 1999). O conceito de polifilosofismo para Bachelard, está diretamente ligado ao conceito de perfil epistemológico. Nele encontra-se uma topologia filosófica na qual as filosofias se encontram dispersas em torno do trabalho de produção de conhecimentos e conceitos científicos (BULCÃO, 1999).

O esquema que apresentamos a seguir tem sua essência no trabalho de Bulcão (1999, p. 24) e algumas informações adicionais que discutiremos mais adiante. Por ora vejamos o esquema 1, que apresenta o esquema de topologia filosófica de Bachelard.

**Esquema 1:** A topologia filosófica de Bachelard.



Fonte: Prado (2015) adaptado de Bulcão (1999, p. 24).

Este polifilosofismo da noção de perfil epistemológico pode ser confuso para o entendimento de imediato, por isso vamos agora, com base no discurso de Bachelard (1978), explicar o esquema apresentado anteriormente. Iniciemos com o trecho a seguir,

É evidente que os conceitos científicos não atingiram todos o mesmo estágio de maturidade; muitos permanecem ainda implicados num realismo mais ou menos ingênuo; muitos são ainda definidos na orgulhosa modéstia do positivismo; o que faz com que, examinada nos seus elementos, a filosofia do espírito científico não possa ser uma filosofia homogênea (BACHELARD, 1978, p. 11)

Devido a esta heterogeneidade filosófica do conhecimento do espírito científico, podemos encontrar um conceito preso aos extremos do esquema, o Idealismo que trata o conhecimento somente no âmbito das ideias e o Realismo que se prende a descrever aquilo que se pode ver. Apesar de bem distintos, ambos são parte das ideias menos adequadas a abordagem do conhecimento científico (BULCÃO, 1999).

Na sucessão temos de um lado o Convencionalismo e de outro o Empirismo, o primeiro trata os conceitos científicos como convenções matemáticas e o segundo está totalmente alicerçado na experiência, negando que haja uma união entre razão e experiência (BULCÃO, 1999).

Os pensamentos mais próximos do trabalho científico são o Formalismo no qual já se admite a razão e a experiência como característica de um trabalho racional e o Positivismo que, mesmo não explicando as deduções e a coerência da ciência contemporânea procura por meio das noções de lei, alcançar uma generalização do pensamento científico (BULCÃO, 1999).

Ao centro do esquema e portanto caracterizando o trabalho científico encontram-se o Racionalismo Aplicado e o Materialismo Técnico; juntos eles são capazes de explicitar totalmente o pensamento científico atual (BULCÃO, 1999).

Para Bachelard o ideal de trabalho científico ideal não é nem o realismo nem o racionalismo mas sim o racionalismo aplicado. Esta nova forma de pensar a ciência procura dialetizar o pensamento e esclarecer a experiência, o termo *aplicado* designa portanto, a estrutura dialogada da razão nas ciências.

Assim, no racionalismo aplicado há uma relação de cooperação entre a organização racional da ciência e a experiência, promovida por um constante diálogo entre as duas partes.

Mesmo diante da heterogeneidade com que se pode abordar um conceito científico, podemos resumir sucintamente as tarefas da atividade científica na epistemologia bachelardiana com base em Bulcão (1999), sendo elas:

1. O cientista deve procurar analisar as construções racionais da ciência, de maneira a não tratar a ciência como uma continuação do senso comum e também não deve se prender a valores inconsistentes de natureza duvidosa.
2. Partindo da ruptura do conhecimento cotidiano (imediate) e de conhecimento científico, deve-se refletir sobre a diferença entre a linguagem científica e a comum, a fim de mostrar suas oposições.
3. Deve-se deixar claro o caráter social e coletivo da construção dos conhecimentos científicos, deixando de lado a imagem do cientista de solitário e desinteressado pelos acontecimentos atuais da sociedade.
4. A filosofia da ciência não deve se vincular a uma filosofia prévia, é necessário recorrer ao polifilosofismo.

Diante dessas tarefas a experiência/experimentação para Bachelard, segundo Giordan (1999), tem vários papéis. Se pensarmos numa dimensão psicológica,

A experimentação quando aberta às possibilidades de erro e acerto mantém o aluno comprometido com sua aprendizagem, pois ele a reconhece como estratégia para resolução de uma problemática da qual ele toma parte diretamente, formulando-a inclusive (GIORDAN, 1999, p.46).

Também podemos levar em consideração o conceito de “experimento urgente” (GIORDAN, 1999). Nele, a ciência é tratada como uma construção coletiva humana, à qual deve-se entender que se caracteriza por acordos de representação simbólica e linguística da realidade, sendo assim,

A falha do experimento alimenta esse exercício, por mobilizar os esforços do grupo no sentido de corrigir as observações/medidas; por desencadear uma sucessão de diálogos de natureza conflituosa entre o sujeito e o outro e com seus modelos mentais; por colocar em dúvida a veracidade do modelo representativo da realidade. A decorrência possível desse movimento é um novo acordo para se ter acesso e para representar o fenômeno, que altera o quadro dialógico do sujeito com a realidade (GIORDAN, 1999, p. 46)

Em linhas gerais, a experimentação para Bachelard, desempenha o papel do eixo central ou de fórum para discussões, já que ela pode ser o ponto de partida, verificação, ou até complemento de uma dada teoria. Pode-se assim dizer que ela é um dos principais

fatores para o desenvolvimento da prática do processo de objetivação do conhecimento científico (GIORDAN, 1999, p. 46).

Ainda falando sobre o papel da experimentação, gostaríamos de finalizar esta seção com os dizeres de Bachelard (2009) sobre o papel da experimentação na Química moderna.

Em seu texto ele salienta que a Química moderna se constitui de uma harmonia progressiva das formas substanciais, ou seja o pluralismo da Química é um pluralismo coerente, no qual a “diversidade torna-se orgânica, a experiência é sustentada por ligações racionais que podem, por sua própria extensão, multiplicar a diversidade [...] Simplifica-se completando” (BACHELARD, 2009, p 24), substitui-se portanto fatos e leis dispersos por exemplos e experiências novas.

Estas experiências novas não somente devem estar ligadas a experiências de laboratório, mas também podem estar associadas à matemática (BULCÃO, 1999), como é o caso das experiências abstratas sustentadas pelas modelagens computacionais das ciências.

Por fim, deixemos aqui um pensamento de Bachelard que explicita sua epistemologia em poucas palavras, “A irracionalidade recua na proporção em que aumenta a extensão de nossa experiência” (BACHELARD, 2009, p. 26).

## SEÇÃO 02 A EXPERIÊNCIA/ EXPERIMENTAÇÃO NA EPISTEMOLOGIA DE KARL POPPER.

A epistemologia de Karl Popper admite ser chamada de complexa, já que para a leitura de suas principais obras como por exemplo, *A Lógica da Descoberta Científica* (1972), *A ciência normal e seus perigos* (1979) e *Conjecturas e Refutações* (1982), necessita-se do entendimento um percurso lógico de elaboração da teoria.

Entre os termos a serem definidos e entendidos pelo leitor estão, por exemplo, a lógica da pesquisa, o problema da indução, da demarcação, o princípio da indução, a lógica indutiva, bem como o significados dos termos falseável e falseabilidade, termos correntes nas obras estudadas e listadas no início.

Para iniciar nossas considerações em busca do delineamento do papel da experiência/experimentação para Popper, usaremos o livro, *A lógica da pesquisa científica* (1972). Nele o autor define a tarefa da lógica da pesquisa científica como a necessidade de se analisar o método das ciências empíricas, entendendo que as ciências empíricas se constroem por métodos indutivos e por indução (POPPER, 1972).

Com a intenção de tornar o texto mais didático e deixar claro o que se entende por método indutivo e indução, vamos esmiuçar o termo ao longo do trecho seguinte acreditando que com isto as ideias que sucederão serão compreendidas com maior facilidade.

Entendemos por método indutivo a forma pela qual se obtém conclusões gerais, partindo de premissas individuais, cientes de que para que se obtenha conclusões corretas é necessário que o tema/fato a se concluir passe por quatro etapas básicas sendo elas, a observação e o registro de um dado fenômeno ou fato, seguida de uma classificação lógica e análise para que se possa fazer a constatação e verificação sobre este fenômeno ou fato.

Podemos exemplificar um método indutivo completo de maneira simples, como por exemplo<sup>5</sup>,

*Mário e Selma têm três cachorros, Pitu, Teco e Juca.*

*O Pitu é de cor preta.*

*O Teco é de cor preta.*

*O Juca é de cor preta.*

*Portanto, todos os cachorros de Mário e Selma são de cor preta.*

---

<sup>5</sup> Os exemplos são baseados em Chalmers (1993).

Com esse exemplo simples, podemos ver que o método indutivo obteve uma conclusão correta, já que Pitu, Teco e Juca, são cachorros e de cor preta, e todos pertencem a Mário e Selma. O mesmo não se poderia concluir, se,

*Mário e Selma tem três cachorros, Pitu, Teco e Juca.*

*O Pitu é de cor preta.*

*O Teco é de cor preta.*

*O Juca é de cor preta.*

*Portanto, todos os cachorros são de cor preta.*

O fato de todos os cachorros que pertencem a Mário e Selma serem de cor preta, não significa que toda a raça de cachorros é igual aos de Mário e Selma, portanto obter uma conclusão como esta caracteriza um método indutivo incompleto, já que o experimentador não observou todos os cachorros, somente observou os de Mário e Selma.

Diante deste exemplo simples, podemos também definir outro ponto da teoria de Popper. Ao longo de seus trabalhos, por várias vezes ele usa os termos experiência e experimentação, mas neste caso eles não são usados como sinônimos, pois para a concepção de Popper, a experiência está ligada aos sentidos, como proposto pelo positivismo de Comte.

A experimentação se baseia na experiência e na generalização, que dão origem à teoria, portanto é entendida como algo que é artificialmente criado para que se possa experimentar, ou seja, observar, tocar, sentir algo.

Com esses termos definidos, seguiremos pelo caminho trilhado pela epistemologia de Popper. Nosso objetivo agora será entender em que consiste o problema da indução e da demarcação.

O problema da indução/demarcação,

Pode ser apresentado como a indagação acerca da validade ou verdade de enunciados universais que encontrem base na experiência, tais como as hipóteses e os sistemas teóricos das ciências empíricas. (POPPER, 1972, p.28)

Assim, para Popper (1972), o princípio da indução/demarcação determina a verdade das teorias científicas; eliminar este princípio acarretaria em privar do poder de decidir quanto a verdade ou falsidade de uma teoria, Popper chega a dizer que sem ele seria impossível separar a ciência da fantasia.

Arelado ao conceito de princípio da indução está a lógica indutiva, que usa de quaisquer resultados possíveis, para os testes cujos limites superior e inferior correspondem à falsidade de uma teoria.

O problema da indução para Popper consiste em buscar uma justificação coerente, de raciocínio ordenado e harmonia entre pensamento e ação, para as generalizações dos enunciados universais a partir da lógica indutiva (POPPER, 1972).

Para complementar esse pensamento e criar um instrumento capaz de avaliar os limites de verdade e falsidade, Popper (1972) propõe a teoria do método dedutivo de prova, ou de concepção, segundo a qual uma hipótese só admite prova empírica após haver sido formulada.

No método dedutivo de prova, as teorias devem passar por uma prova dedutiva, ou seja, um critério de falseabilidade. Há “quatro diferentes linhas ao longo das quais se pode submeter à prova uma teoria” (POPPER, 1972, p 33), sendo elas,

- “A comparação lógica das conclusões umas às outras, com o que se põe a prova a coerência interna do sistema”
- “A investigação da forma lógica da teoria, com o objetivo de determinar se ela apresenta o caráter de uma teoria empírica ou científica, ou se é, tautológica”;
- “A comparação com outras teorias, com o objetivo sobretudo de determinar se a teoria representará um avanço de ordem científica”.
- “A comprovação da teoria por meio de aplicações empíricas das conclusões que ela possa deduzir”.

Após passar por estes critérios, o último proposto por Popper é, “verificar até que ponto as novas consequências da teoria respondem às exigências da prática, suscitada quer por experimentos puramente científicos quer por aplicações tecnológicas práticas” (POPPER, 1972, p.33).

Isto é feito com a ajuda de predições suscetíveis (enunciados singulares) de serem submetidas facilmente a prova ou predições aplicáveis na prática e nos experimentos,

Se ao passar por esses critérios de teste, as decisões forem positivas, ou seja, as conclusões se mostrarem aceitáveis ou comprovadas, a teoria terá pelo menos provisoriamente, passado pela prova, [...] mas se as conclusões tiverem sido falseadas, esse resultado falseará também a teoria da qual as conclusões foram logicamente deduzidas (POPPER, 1972, p. 34).

À medida que uma teoria resista a métodos de prova mais severos e não seja substituída por outra ao longo do progresso científico, significa para Popper que esta teoria foi “corroborada” e comprovou-se sua veracidade pela experiência (POPPER, 1972).

O texto *Conjecturas e Refutações* (1982), descreve melhor os critérios de ciência e pseudociência, bem como a maneira que se dá o grau de falseabilidade ou irrefutabilidade de uma teoria.

Para Popper (1982), é simples se obter os critérios de refutabilidade para quase todas as teorias, desde que procuremos por quesitos como,

- Obter confirmações ou verificações que resultem de predições arriscadas.
- Quanto mais um teoria proíbe, melhor ela é, pois restringe muito mais a observação e portanto se torna mais refutável,
- Há a necessidade de que uma teoria seja refutável, pois toda teoria deve ser submetida a um teste genuíno com a intenção de refutá-la.
- A evidência confirmadora não deve ser considerada se não resultar de um teste genuíno da teoria.
- Suposições auxiliares do tipo *ad hoc*<sup>6</sup> podem ser aceitas desde que sejam genuinamente testadas (Adaptado de POPPER, 1982, p.04)

O critério de refutabilidade não se relaciona com o sentido ou significado, a veracidade ou a aceitabilidade, trata-se de traçar uma linha (da melhor maneira possível) entre as afirmações, ou sistemas de afirmações, das ciências empíricas e todas as outras afirmações, de caráter religioso, metafísico ou simplesmente pseudocientífico. Esta barreira foi chamada por Popper de problema da demarcação (POPPER, 1982).

O problema da demarcação consiste no processo de estabelecer um critério que nos habilite a distinguir entre as ciências empíricas de um lado e os sistemas metafísicos de outro, entendendo o que são e para que servem (POPPER, 1972).

A falseabilidade como critério de demarcação, equivale ao requisito de que todos os enunciados da ciência empírica devem ser suscetíveis de serem julgáveis, isto quer dizer que sua forma deve ser tal que se torne logicamente possível verificá-los e falsificá-los. Para isto, pode-se usar a experiência como método peculiar de demarcação e, sendo assim, ela deve satisfazer a três itens principais, a saber,

Deve ser sintético, de modo que possa representar um mundo não contraditório, um mundo possível [...] satisfazer o critério de demarcação, deve ser não metafísico, e representar um mundo de experiência possível [...] deve ser diferente de alguma forma, de outros sistemas semelhantes como o único representativo de nosso mundo de experiência (POPPER, 1972, p. 40).

---

<sup>6</sup> Na ciência, uma hipótese *ad hoc* é geralmente criada com o intuito de tentar provar o que uma nova teoria proposta não consegue explicar, evitando que seja desacreditada. Em Filosofia, as hipóteses *ad hoc* surgem também como argumentos inventados a partir do próprio fato que se pretende explicar.

Entendendo-se por mundo de experiências um sistema identificado pelo fato de admitir a aplicação do método dedutivo que é submetido a provas e resiste a essas provas.

Em suma, o critério de demarcação se dá pela falseabilidade de um sistema, ele deve possuir uma forma lógica que a seja possível validá-lo através de recurso a provas empíricas, de maneira que seja possível de se refutar através da experiência um sistema científico empírico (POPPER, 1972).

Popper salienta que o problema da indução está intimamente ligado ao problema de demarcação. Com raízes presas ao Empirismo de Hume, Popper afirma que a teoria precede a observação pois a similaridade e a repetição de observações são o resultado de uma resposta que envolve interpretações, antecipações e expectativas.

De maneira que,

A observação é sempre seletiva: exige um objeto, uma tarefa definida, um ponto de vista, um especial, um problema, para descrevê-lo é preciso empregar uma linguagem apropriada implicando similaridade e classificação, que implicam em interesses, pontos de vista e problemas (POPPER, 1972, p. 15)

Tomando por base que a crença nas ciências naturais se caracteriza pela indução, e o método científico tem seu início em longas sequências de observações e experiências, o problema da indução é uma das faces do problema de demarcação, portanto resolver o problema da demarcação acarretará na resolução do problema da indução (POPPER, 1972).

Enfim, para resumirmos em linhas gerais, a epistemologia deste autor e exaltar o papel da experimentação em suas considerações, colocaremos em pauta novamente, a origem, o problema da indução.

Na ciência usamos leis e teorias para explicar todas as coisas, o problema da indução se originou a partir do momento em que começou-se a justificar uma lei por meio de observações e experiências; somente por meio delas é que se pode decidir a respeito da aceitação ou rejeição de uma teoria.

Enquanto dada teoria resistir aos testes da observação e da experiência ela se perpetuará no tempo e se tornará mais verdadeira, à medida que o grau de rigorosidade dos testes a ela submetidos somente aumenta.

Outro fator importante a se destacar na teoria de Popper é que para ele a ciência começa com problemas à luz de uma teoria e não de uma observação, e por isso pode ser considerada nessa perspectiva como inflacionária, ou seja, constituída por muitas teorias que passam por provas de refutabilidade (CHALMERS, 1993).

Uma das provas de refutabilidade é dada pela experiência e observação. Quando não se pode observar ou experimentar a teoria por meios naturais, se manipula meios de conseguir experimentar e observar. A esta manipulação damos o nome de experimentação.

Enquanto uma teoria resiste aos testes mais rigorosos, ela é aceita, quando isso deixa de acontecer ela é rejeitada, “só a falsidade de uma teoria pode ser inferida da evidência empírica, inferência que é puramente dedutiva” (POPPER, 1972, p. 23).

### SEÇÃO 03 A EXPERIÊNCIA/EXPERIMENTAÇÃO NA EPISTEMOLOGIA DE THOMAS KUHN

Em seu livro *A estrutura das Revoluções Científicas* (1998), Kuhn introduz uma importante contribuição para os estudos da filosofia e história da ciência, principalmente em relação ao desenvolvimento da ciência, trazendo uma definição do que se configura o trabalho científico que influenciou muitas análises posteriores.

Nessa obra, Kuhn desenvolve algumas ideias que havia proposto em outros trabalhos e deixa claro sua teoria: a ciência, um empreendimento essencialmente revolucionário, se caracteriza pela existência de um paradigma norteador da prática científica (KUHN, 1998).

Essa definição e a compreensão paradigmática da ciência trazem certas consequências, como a existência de um caminho bem definido para o progresso da ciência, que envolve o desenvolvimento do paradigma, sua aceitação pela comunidade científica, a emergência de casos que o paradigma não consegue responder ou contemplar, a proposição de novos paradigmas e a escolha pela comunidade científica de um novo paradigma, de forma que haverá o abandono do paradigma anterior.

Para Kuhn, esses estágios de desenvolvimento da ciência podem ser definidos como: período pré-paradigmático (ou pré-ciência), ciência normal, crise e revolução, nova ciência normal (CHALMERS, 1993).

O desenvolvimento de uma determinada teoria ocorre de forma que são estabelecidas historicamente uma sucessão de revoluções e períodos de ciência normal.

O paradigma, dessa forma é, na proposta kuhniana, um dos pontos centrais de discussão. Sendo delimitador para o entendimento de ciência, o paradigma deve ser primeiramente reconhecido como um conjunto de teorias, práticas de ofício e técnicas que são partilhadas por uma dada comunidade científica, estruturando uma forma única de ver e pensar o mundo.

É importante ressaltar que o conceito de paradigma aqui foi colocado de forma limitada, visto que na própria obra de Kuhn não há uma definição clara e concisa para descrever a natureza do paradigma, fato que o próprio Kuhn reconheceu como uma crítica e refinou ainda mais seu entendimento em um posfácio, escrito em 1969.

Masterman (1979), por exemplo, identifica em *A estrutura das revoluções científicas* vinte e um diferentes sentidos para o conceito de paradigma, que somente um leitor não superficial poderia determinar, sendo eles,

(1) Como uma realização científica universalmente conhecida, (2) Como mito, (3) Como filosofia ou constelação de perguntas, (4) Como manual ou obra clássica, (5) Como toda uma tradição/como modelo, (6) Como realização científica, (7) Como analogia, (8) Como especulação metafísica bem sucedida, (9) Como dispositivo aceito na lei comum, (10) Como fonte de instrumentos, (11) Como ilustração normal, (12) Como um tipo de instrumentação, (13) Como um baralho de cartas anômalo, (14) Como fábrica de máquinas-ferramentas, (15) Como figura de *gestalt*, (16) Como conjunto de instituições políticas, (17) Como modelo aplicado à quase-metafísica, (18) Como princípio organizador capaz de governar a própria percepção, (19) Como ponto de vista epistemológico geral, (20) Como um novo modo de ver e (21) Como algo que define a ampla extensão da realidade. (MASTERMAN, 1979, p. 75-79)

Diante da complexidade e a amplitude que esta teoria pode abranger, vamos dar continuidade à explanação das principais características da teoria de Kuhn, listando e tecendo comentários sobre todas as etapas do processo de desenvolvimento da ciência descritos por ele. Se fizermos um esquema simples e de fácil visualização da totalidade desta teoria, ou seja, do caminho percorrido no progresso da ciência, a descreveríamos, tal como Chalmers (1993, p. 124), a saber,

Pré- Ciência – Ciência Normal – Crise/Revolução – Nova Ciência Normal – Nova Crise

Cientes de que o esquema anterior é extremamente simplificado, e que também pode ser interpretado indevidamente, optamos por descrever cada etapa em pormenores nos parágrafos que se seguem.

Segundo Kuhn (1998), o estágio pré-paradigmático faz parte do desenvolvimento de qualquer ciência, e tem como principal característica a existência de várias escolas e sub escolas em competição. Não há neste estágio um paradigma ou um candidato único a paradigma, sendo assim, todos os fatos que possivelmente são pertinentes ao desenvolvimento de determinada ciência têm probabilidade de parecerem igualmente relevantes.

Por não haver um paradigma único e sim uma mistura de crenças e explicações de dado fato, não é de se espantar que homens diferentes tenham olhares diferentes para os mesmos fenômenos e assim os interpretem e expliquem segundo suas concepções, criando certas divergências entre as explicações (KUHN, 1998).

Sendo assim, para Kuhn, estas divergências vão desaparecendo ao longo do tempo, em geral o desaparecimento de certa teoria é dado pelo triunfo de uma outra

escola, devido a suas próprias crenças e preconceitos característicos, que dão ênfase maior a apenas alguma parte especial do conjunto de informações vindas da pré-ciência (KUHN, 1998).

Diante de uma teoria triunfante, os cientistas se colocam a trabalhar em prol de um mesmo objetivo. Pode-se assim dizer que a partir desta etapa haverá uma estruturação da teoria para que os cientistas se organizem e trabalhem, pela primeira vez, em uma mesma estrutura lógica, seja nos processos operacionais ou em um campo lexical próprio.

Sob a perspectiva de Kuhn há, nesse momento, a construção de um paradigma e os cientistas que desejam operar dentro deste paradigma se encontram fazendo ciência normal (KUHN, 1998). Por ciência normal, deve-se entender as diversas operações de refinamento do paradigma, ou seja, a função dos praticantes da ciência normal está centrada na tentativa de articular teorias já fornecidas aos fenômenos naturais, o que faz com que o cientista normal restrinja seus trabalhos à especificidade do problema que deve ser encaixado dentro da confiança de seu paradigma.

Além disto, o trabalho da ciência normal também está alicerçado em discutir e formular novas manipulações da teoria que podem ser verificadas pela experiência, de maneira a apresentar uma nova aplicação do paradigma ou aumentar sua precisão (KUHN, 1998).

Na tentativa de delimitar as principais ocupações dos cientistas normais, pode-se relacioná-los à três classes de problemas, sendo elas: a determinação do fato significativo, a harmonização e a articulação dos fatos com a teoria (KUHN, 1998).

Estas três classes de problemas podem ser entendidas analogamente à resolução de quebra-cabeças ou às regras de um jogo de xadrez no qual, em ambos exemplos, o jogador deve operar segundo algumas regras. Relacionando com a teoria de Kuhn, o jogador é o cientista normal e as regras são ditadas pelo paradigma, sendo assim o cientista normal deve operar com as regras estabelecidas para que assim se consiga a aceitação deste paradigma pela comunidade científica (KUHN, 1998).

Um paradigma pode ser muito limitado, tanto no âmbito como na precisão, quanto de sua primeira aparição, porém, eles adquirem maior status porque são mais bem sucedidos que seus concorrentes na resolução de alguns problemas reconhecidos como graves para um grupo de cientistas.

Seguindo a sequência proposta por nosso esquema, para que um paradigma entre em crise é necessário que um cientista, praticante do paradigma ou não, aponte inconsistências ou dificuldade em adaptar suas pesquisas à teoria vigente. É preciso que

este cientista mostre o(s) problema(s) da teoria de forma que, mais adiante, este velho paradigma seja substituído (KUHN, 1998).

Devemos deixar claro que o abandono de um paradigma por outro pela comunidade científica não significa superioridade em relação ao paradigma anterior, já que Kuhn (1998), propõe que a escolha de um determinado paradigma se baseia em aspectos subjetivos e que, portanto, não há razões objetivas para crer que um paradigma seja melhor do que outro.

Isso acontece porque, até ser abandonado, o paradigma adotado deveria conseguir responder certos questionamentos e explicar fenômenos de interesse do momento. Quando adotado outro paradigma, novas questões são elaboradas e novos fenômenos são descritos, muitos dos quais não faziam parte do paradigma anterior.

Dizemos então que a mudança de paradigma na teoria kuhniana do progresso científico se dá de maneira que não se pode reduzir uma teoria à outra, sendo assim, há diversas razões pelas quais os proponentes de paradigmas competidores fracassem na tentativa de estabelecer um contato completo entre seus pontos de vista. Sendo assim a incomensurabilidade, propriedade das teorias que a fazem ser incomparáveis, pode ser dada por três fatores principais, a saber,

- Há uma discordância quanto aos problemas a serem resolvidos, aos padrões científicos e suas definições de ciência (KUHN, 1998).
- Os adeptos do paradigma estabelecem que os termos, conceitos e experiências antigas possuem novas definições, dando origem a uma teoria completamente nova (KUHN, 1998).
- Os cientistas de diferentes paradigmas praticam seus ofícios em mundos diferentes, por isso, veem coisas diferentes quando olham de um mesmo ponto para a mesma direção (KUHN, 1998).

Devido a estes três fatores, não se pode esperar que a comunidade trate a transição de paradigma como um passo-a-passo. Por imposição da lógica ou de experiências neutras a transição de paradigmas deve ocorrer rapidamente ou então não ocorre jamais<sup>7</sup> (KUHN, 1998).

---

<sup>7</sup> Na epistemologia de Kuhn, para haver uma mudança de paradigma é necessário aceitação de grande parte da comunidade científica, entende-se portanto que esta aceitação deve ocorrer o mais rápido possível, deve ser revolucionária. Se a aceitação ocorrer em um curto espaço de tempo, pode haver o surgimento de novas anomalias que cancelariam a anomalia primeira, gerando assim a possibilidade de uma nova revolução.

Assim, se tomarmos o exemplo clássico na história da Química<sup>8</sup>, interpretado a luz da teoria kuhniana, as teorias da combustão propostas por Stahl e Lavoisier, não é possível dizer de forma objetiva se o paradigma do flogisto é melhor que o paradigma do oxigênio, pois ambos contribuíram para o desenvolvimento da ciência em suas épocas e mensurar essas contribuições seria totalmente especulativo. Dizer que ao incorporar a noção de combustão como sendo uma reação com o oxigênio torna o paradigma de Lavoisier melhor é, para Kuhn, um pensamento muito particular. A principal omissão da teoria do flogisto é não considerar os aspectos quantitativos das reações, mas isso era, em muitos casos, uma preocupação desnecessária, ou seja, não abrangida pelo paradigma.

Após a observação e estudo de uma anomalia do paradigma vigente, a crise se estabelece, pois nesse momento haverá duas ou mais nomeações e explicações para o mesmo fenômeno, cabendo à comunidade científica tender ao lado que melhor a convence (KUHN, 1998).

Esse convencimento por parte da comunidade científica, é descrito por Kuhn como uma conversão, tal qual uma conversão religiosa, já que para ele, a ciência opera de forma dogmática, desta forma somente o refinamento de uma teoria irá mostrar sua verdadeira validade.

Para Kuhn, o cientista individual, muito frequentemente não tem o espírito aberto e parece conhecer, antes do projeto de investigação estar razoavelmente avançado, pormenores dos resultados que serão alcançados (KUHN, 1979).

Sendo assim, o verdadeiro método científico não deixa lacunas para que as limitações e peculiaridades humanas o impeçam de obter êxito, os cientistas são treinados para trabalhar em sua profissão liderando convicções fortes, resistentes e por vezes preconceituosas às inovações, estas predições culminariam no sucesso das ciências. Este pensamento é atacado por Kuhn, que passa a denominar este sucesso por dogmatismo das ciências maduras.

O processo de formação do dogma nos cientistas, ou seja, a aceitação do paradigma, se dá no início de sua educação científica formal. Os manuais são responsáveis por apresentar aos alunos a perspectiva de ver o mundo de uma maneira profunda e particular, já aceita pelos membros da comunidade científica. Assim, desde o começo, são apresentadas soluções concretas dos problemas que a profissão aceita como

---

<sup>8</sup> Ressaltamos que o exemplo dado é uma leitura aos moldes da teoria kuhniana e que estamos cientes de que boa parte dos autores de História da química rejeita essa ideia uma vez que é possível encontrar as ideias de Lavoisier em trabalhos de vários cientistas que o antecederam.

importantes e então pede-se aos estudantes que resolvam estes problemas e cheguem nas mesmas conclusões, seja nos exercícios de lápis e papel ou de laboratório (KUHN, 1979).

Opta-se, dessa forma, em fazer um comum acordo entre os cientistas sobre o que é que cada estudante deve saber da matéria, preparando-se um currículo pré-profissional, pois faz-se imprescindível que se tenha profissionais extremamente habilidosos e dogmáticos para a resolução de problemas. A formação do dogma é essencial, portanto, para a manutenção do paradigma, pois dificilmente o cientista normal consegue, por mais evidentes que sejam as demonstrações de um novo paradigma, abandonar aquele em que foi doutrinado.

Para Kuhn, o dogmatismo não é suficiente para barrar o florescimento de um novo paradigma, pois este último tende a se difundir pelos novos cientistas, que ainda não foram afetados pelo dogmatismo do paradigma anterior.

Nas palavras de Kuhn,

A transferência de adesão de um paradigma a outro é uma experiência de conversão que não pode ser forçada [...] É somente com a prática da ciência normal que a comunidade profissional de cientistas obtém sucesso, primeiro explorando o alcance potencial e a precisão do velho paradigma e então isolando a dificuldade cujo estudo permite a emergência de um novo paradigma (KUHN, 1998 p.191;192).

Contudo, não se pode afirmar que a mudança de paradigma pode ser feita somente pelas provas concretas, há também a possibilidade da existência de argumentos relevantes dos quais os cientistas podem ser persuadidos a mudar de ideia e firmar o novo paradigma como mais aceitável.

Estes elementos de argumentação e persuasão podem pertencer à esfera aparente da ciência, sendo dependentes das peculiaridades e personalidade de natureza autobiográfica, da nacionalidade, reputação do mestre, daqueles que se opõem ao paradigma vigente, ou dependem de experiências cruciais, capazes de discriminar de forma particularmente nítida entre dois paradigmas que foram reconhecido e atestado antes mesmo da invenção do novo paradigma (KUHN, 1998).

Outro fator importante que transcende a habilidade dos paradigmas competidores em persuasão e argumentação é a fé. Precisa-se ter fé na capacidade do novo paradigma para resolver os grandes problemas com que se defronta.

Para Kuhn (1998), para uma decisão desse tipo, baseada na fé, faz-se imprescindível que haja uma base na qual se escora a fé no candidato ao novo paradigma. Embora não seja necessária uma base racional ou correta, deve haver algo que pelo menos

faça alguns cientistas sentirem que a nova proposta está no caminho certo e com alguns casos somente considerações estéticas pessoais e inarticuladas podem realizar isso.

Além da crítica aos manuais, Kuhn (1998) também faz um ataque aos cientistas que buscam a verdade da teoria em suas experiências. Se, porventura, os fenômenos que a natureza lhe apresenta não se encaixam a teoria, o trabalho do cientista treinado dentro de seu dogma será investigar e ajustar o teoria de maneira que este se encaixe no fenômeno, caracterizando-os como a ciência normal operando dentro do único paradigma vigente.

Em suma, para Kuhn o aspecto dogmático da ciência tem duas funções, o mesmo dogmatismo, que engessa o pensamento de um grupo de cientistas que trabalham dentro de um paradigma, é essencial para uma quebra nas regras do jogo para uma inovação científica importante.

Até este ponto cumprimos com nossa primeira proposta para essa seção, abordamos de maneira breve os principais pontos e definimos os principais termos da teoria de Kuhn, que versa sobre a maneira pela qual se dá o progresso ou o caminho percorrido pela ciência na busca do paradigma atuante ao longo da história.

Para finalizar essa seção, buscaremos apontar os trechos que fazem menção a experimento/experiência/experimentação nas obras estudadas de Kuhn, com a intenção de discutir e possivelmente concluir qual o papel da experimentação ou do experimento na concepção de ciência e progresso científico de Kuhn.

Como iremos observar nos trechos retirados de Kuhn de 1998 e 1979, bem como na discussão de Arruda et al. (2001), a função da experimentação na teoria de Kuhn, tem dois pontos principais, sendo eles,

- Relacionado ao funcionamento normal da ciência, ou seja, é um dos trabalhos designados aos cientistas que operam dentro de dado paradigma. O experimento pode ajudar a discutir e formular novas manipulações de dada teoria, sendo assim podemos dizer que a experiência ou experimentação visa alcançar/comprovar aquilo que desde o início já sabíamos qual seria o resultado no interior da prática daquele paradigma.
- Relacionado às situações de crise e produção de novos paradigmas, no qual os experimentos/experiências podem ser capazes de discriminar nitidamente as diferenças de dois paradigmas, dando maior credibilidade a um deles.

Para exemplificar estas duas relações atribuímos os dizeres de Kuhn, a seguir, à relação da experimentação e do funcionamento da ciência normal,

Essas observações já devem começar a esclarecer o que é que considero ser paradigma. É, em primeiro lugar, um resultado científico fundamental que inclui ao mesmo tempo uma teoria e algumas aplicações tipo aos resultados das experiências e da observação. Mais importante ainda, é um resultado cuja conclusão está em aberto e que põe de lado toda a espécie de investigação ainda por fazer. E, por fim, é um resultado aceite no sentido de que é recebido por um grupo cujos membros deixam de tentar opor-lhe rival ou de criar-lhe alternativas. Pelo contrário, tentam desenvolvê-lo e explorá-lo numa variedade de formas (KUHN, 1979, p. 59).

Helmholtz, no século XIX, encontrou grande resistência por parte dos fisiologistas no tocante à ideia de que a experimentação física pudesse trazer esclarecimentos para seu campo de estudos. Durante o mesmo século, a curiosa história da cromatografia apresenta um outro exemplo da persistência dos compromissos dos cientistas com tipos de instrumentos, os quais, tanto como as leis e teorias, proporcionam as regras do jogo para os cientistas (KUHN, 1998, p. 64).

Em ambos os casos a percepção da anomalia — isto é, de um fenômeno para o qual o paradigma não preparara o investigador — desempenhou um papel essencial na preparação do caminho que permitiu a percepção da novidade. Mas, também nesses dois casos, a percepção de que algo saíra errado foi apenas o prelúdio da descoberta. Nem o oxigênio, nem os raios X surgiram sem um processo ulterior de experimentação e assimilação (KUHN, 1998, p. 84).

No primeiro trecho destacado, quando Kuhn (1979) define um dos papéis desempenhados pelo paradigma, ele também faz menção ao papel da teoria e do experimento, “um resultado científico fundamental que inclui ao mesmo tempo uma teoria e algumas aplicações tipo aos resultados das experiências e da observação” (KUHN, 1979, p. 59), com a preocupação de que se devem atrelar às teorias resultados experimentais, como se ambas se complementassem para formação do paradigma.

O trabalho exercido dentro do paradigma fica claro no segundo trecho destacado, no qual Kuhn (1998), usa a metáfora, regras do jogo, “exemplo da persistência dos compromissos dos cientistas com tipos de instrumentos, os quais, tanto como as leis e teorias, proporcionam as regras do jogo para os cientistas” (KUHN, 1998, p. 64) para descrever os cientistas normais praticantes das leis e teorias e dos experimentos (um dos tipos de instrumentos) envolvidos no paradigma vigente.

No terceiro trecho destacado observamos que o contexto é a discussão do resultado de uma crise, da qual nos ocuparemos em descrever melhor nos parágrafos seguintes, mas neste gostaríamos de frisar o trecho citado por Kuhn (1998), “Nem o oxigênio, nem os raios X surgiram sem um processo ulterior de experimentação e assimilação” (KUHN, 1998, p. 84), no qual mais uma vez podemos interpretar quanto à

necessidade que Kuhn atribuía ao uso da experimentação junto à teoria, não como verificação ou demonstração uma da outra, mas atribuindo a elas uma relação de adaptação, como discutido por Arruda et al. (2001).

Da mesma forma, podemos destacar a relação experimento e crise, nos trechos a seguir,

Isso já sugere o que o nosso exame da rejeição de um paradigma revelará de uma maneira mais clara e completa: uma teoria científica, após ter atingido o *status* de paradigma, somente é considerada inválida quando existe uma alternativa disponível para substituí-la [...]Essa observação não significa que os cientistas não rejeitem teorias científicas ou que a experiência e a experimentação não sejam essenciais ao processo de rejeição, mas que — e este será um ponto central — o juízo que leva os cientistas a rejeitarem uma teoria previamente aceita, baseia-se sempre em algo mais do que essa comparação da teoria com o mundo. Decidir rejeitar um paradigma é sempre decidir simultaneamente aceitar outro e o juízo que conduz a essa decisão envolve a comparação de ambos os paradigmas com a natureza, bem como sua comparação mútua (KUHN, 1998, p. 108).

Ao reconhecer que algo está fundamentalmente errado na teoria com que trabalham, os cientistas tentarão articulações mais fundamentais da teoria do que as que eram admitidas antes. (É típico, nos tempos de crise, encontrar numerosas versões diferentes da teoria paradigma). Ao mesmo tempo, irão começar mais ou menos ao acaso experiências na zona da dificuldade, na esperança de descobrir algum efeito que sugira a maneira de pôr a situação a claro. É só em situações desse gênero que, penso eu, uma inovação fundamental na teoria científica é, não só inventada, mas aceita (KUHN, 1979, p. 70-71).

Fica claro nesses dois trechos o convencimento proporcionado pelo uso de experimentos nítidos quando o assunto é o estabelecimento da crise e a mudança de paradigma da comunidade científica, mesmo que para que haja uma mudança completa de paradigma seja necessário muito mais do que experimentos ou bons argumentos, pois “experiências na zona da dificuldade, na esperança de descobrir algum efeito que sugira a maneira de pôr a situação a claro”(KUHN, 1979, p. 71) irão surgir e mesmo que não causem mudanças bruscas no pensamento, provocarão um desconforto da comunidade científica que, ao passar dos anos, poderá ou não agregar esta ideia.

Com esses exemplos podemos afirmar que na ideia kuhniana de desenvolvimento da ciência, a teoria e uso de experimentos não são independentes, nem funcionam como instrumento de demonstração ou prova de veracidade, eles na verdade trabalham juntos para a estruturação da teoria.

Segundo Arruda et al. (2001), a relação experimento teoria no

Pensamento epistemológico kuhniano põe em evidência um dos aspectos centrais de todo processo de aquisição de conhecimento: a necessidade de que haja um *ajuste* ou uma *adaptação* entre os esquemas teóricos propostos e a realidade. (ARRUDA et al., 2001, p. 102)

Sendo assim, a teoria “antecipa a intervenção da natureza sobre ela própria, selecionando os aspectos relevantes da natureza; a experiência, por sua vez, comprovará a adequabilidade empírica da teoria.” (ARRUDA et al., 2001, p. 102)

Com base neste discurso, a teoria e a experimentação na epistemologia de Kuhn, caminham de mãos dadas, de maneira que a experimentação se ajusta à teoria para que juntas sirvam de ferramentas para o trabalho da comunidade científica, de maneira que esta possa operar para manter a credibilidade e a pesquisa no interior de um dado paradigma.

## O QUE OBSERVAMOS? QUAL O PAPEL DA EXPERIÊNCIA/EXPERIMENTAÇÃO PARA ESTES FILÓSOFOS? UM PANORAMA.

O título acima já sugere exatamente a pergunta que nos ocuparemos em responder, ou seja, faremos uma síntese de todas as obras e autores utilizados na construção deste capítulo, com a intenção de sistematizar em um quadro suas concepções sobre experimento/experimentação.

Como já dito no início deste capítulo, optamos por fazer um estudo nos trabalhos de Bacon, Hume, Comte, Bachelard, Popper, e Kuhn por entender que suas obras nos mostram os contornos do pensamento sobre a experiência/experimentação da filosofia natural e das ciências naturais compreendida entre os séculos XVII a XX.

A seguir, apresentamos o quadro 1 com as concepções gerais de experimento/experimentação, dos filósofos estudados.

**Quadro 1:** Descrições de experimento/experimentação para Hume, Comte, Bachelard, Popper e Kuhn.

Filósofos estudados	Descrições sobre experimento/experimentação
<b>Bacon (1561-1626)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A experimentação é a única maneira de conhecer e dominar a verdade nas ciências.</li> <li>- Tudo pode ser submetido ao método Indutivo, ou seja, guiado pelas tábuas de entendimento e pelos procedimentos experimentais, para que assim se possa fazer suas devidas generalizações.</li> </ul>
<b>Hume (1711-1776)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Só se conhece as questões físicas pela observação, ou seja pela experiência.</li> <li>- No Empirismo, a experiência é a fonte de todo o conhecimento sobre o mundo físico.</li> </ul>
<b>Comte (1798-1857)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- O conhecimento verdadeiro funda-se na observação dos fatos.</li> <li>- Descobre-se o mundo pela combinação de raciocínios e observações, estabelecendo relações de sucessão e similitude.</li> <li>- Experiência é o principal meio de exploração e verificação de teorias (já formuladas).</li> <li>- Somente a experiência pode nos fornecer a medida de nossas forças.</li> </ul>
<b>Bachelard (1884-1962)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-O conhecimento não deve partir dos objetos (realismo), mas do raciocínio na experiência (Racionalismo aplicado).</li> <li>- A experiência possibilita reflexões sendo a racionalidade/pensamento responsáveis por elaborar hipóteses e respostas sobre a experiência, logo não se conhece somente pela experiência.</li> <li>Os obstáculos estão ligados a dados sensoriais (experiência primeira) e outras reflexões sobre a experiência.</li> </ul>

<b>Popper (1902-1994)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Experimentação é uma das formas de refutabilidade de uma teoria.</li> <li>- O critério de demarcação entre ciência e não ciência é a falseabilidade e a experiência é uma das formas de falsear.</li> </ul>
<b>Kuhn (1922-1996)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Está ligado ao funcionamento normal da ciência, é o trabalho dos cientistas dentro de um paradigma.</li> <li>- Quando em situações de crise/revolução, os experimentos podem ser capazes de discriminar nitidamente as diferenças entre dois paradigmas, dando maior credibilidade a um deles (experimentos cruciais)</li> <li>- A experiência comprova a adequabilidade empírica da teoria, portanto ela tem caráter adaptativo.</li> </ul>

Fonte: Prado (2015)

Como podemos ver no quadro 1, o papel da experiência/experimentação não percorre um caminho evolutivo linear cronologicamente, pois observamos que por vezes o pensamento filosófico se complementa e por vezes se opõe, é exatamente este movimento que caracteriza o pensamento humano. Com a intenção de melhor conhecer as coisas tendemos a assimilar o pensamento já existente em busca da formulação de um novo pensamento.

O novo pensamento aqui dito não necessariamente pode ser considerado como superior ou melhor, visto que quando se fala de história e filosofia da ciência, cada época tem suas peculiaridades, limitações e características, dessa forma não há um grau de superioridade entre elas.

## **CAPÍTULO II O PAPEL DA EXPERIMENTAÇÃO NA QUÍMICA ATÉ O SÉCULO XVIII.**

Este capítulo foi dividido em duas partes. Para a primeira parte temos como objetivo apresentar de maneira geral a forma pela qual a experimentação se ligou à Química ao longo da sua história. Nos remeteremos ao início da ciência Química em particular, buscando traçar os contornos do desenvolvimento da experimentação para esta ciência. Embora nosso foco seja a Química como ciência particular do século XVII e XVIII apresentada na segunda parte deste trabalho, acreditamos que este panorama inicial se faz importante em um núcleo geral.

Na segunda parte apresentaremos Lavoisier e o papel da experimentação presente na sua teoria sobre a combustão e a constituição do ar atmosférico em sua principal obra *Tratado Elementar de Química* (1879).

Para as duas partes usaremos alguns dos principais comentadores modernos de Lavoisier e da História da Química como Partington e McKie (1981), Alfonso- Goldfarb (1987) e (1993), Abraham (1998), Tosi (1989), Bensaude-Vicent e Stengers (1992), Martins e Martins (1993), Filgueiras (1995), Fauque (1995) e (2003), Alfonso-Goldfarb e Beltran (2004), Westfall (2001), Debus (2002), Maar (2008), Grant (2009), Kragh (2011) Saito (2011), e Henry (2011) entre outros.

### **A ANÁLISE HISTORIOGRÁFICA DA CIÊNCIA COMO METODOLOGIA DE PESQUISA.**

Segundo Kragh (2001) quando se lida com a historiografia da ciência há alguns conceitos que se deve esclarecer como por exemplo a diferença entre fenômeno histórico, história e histórias. Para ele,

Um “fenômeno histórico” significa frequentemente um fenômeno factual, concreto, e uma “história” meramente um relato das condições factuais, sem que fosse necessário que estas pertencessem ao passado [...] as referências de Bacon a “histórias” que deveriam ser investigadas pela ciência futura diziam respeito a assuntos ou áreas de investigação concretos (KRAGH, 2001, p. 05).

Ainda assim, o autor salienta que é comum distinguir o termo “História” sob dois níveis, sendo eles uma “História 1 (H<sub>1</sub>)” responsável por descrever fenômenos reais que se sucederam no passado, do qual a parte que conhecemos será na maioria das vezes

limitada em extensão e influenciada pelas escolhas e interpretações do historiador que a descreve e a “História 2 (H<sub>2</sub>)” é usada no sentido de investigação histórica, sendo seus resultados interpretações teóricas, desta forma todo nosso conhecimento histórico é fruto da influência que a “História 2” possui ao analisar a “História 1” (KRAGH, 2001).

O termo historiografia provém muitas vezes de H<sub>2</sub>, significando textos sobre história. Na prática, a historiografia pode ter dois significados. Pode significar simplesmente escrita (profissional) sobre história, ou seja, descrições dos acontecimentos do passado escritas por historiadores. Mas pode igualmente significar teoria ou filosofia da história, ou seja, reflexões teóricas sobre a natureza da história (H<sub>2</sub>). Com este último significado, a historiografia é pois uma meta disciplina, sendo o seu objecto H<sub>2</sub>. A história puramente descritiva não será historiografia em si mesma, mas pode ser alvo de uma análise historiográfica (KRAGH, 2001, p. 24).

Desta forma o estudo da História independente se de natureza H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub> ou da historiografia está diretamente ligado as atividades humanas socialmente relevantes, de acordo com a pesquisa de Kragh (2001), uma mera organização cronológica de fatos não se enquadra em estudos históricos ou historiográficos. Para serem aceites nesta categoria, “os fenômenos devem ser susceptíveis de ser descritos na sua individualidade condicionada pelo tempo e pelo local, para poderem ser especificamente históricos” (KRAGH, 2001, p. 24).

Logo, sendo a Ciência, um tipo de construção humana socialmente relevante, condicionada pelo tempo e pelo local, nada mais correto do que unir a história à ciência para prosseguir com estudos sobre a natureza humana e seu desenvolvimento ao longo do tempo.

Da mesma forma que História, a Ciência pode ser distinguida segundo os níveis propostos por Kragh (2001). Para ele a ciência pode ser dividida em: “Ciência 1 (C<sub>1</sub>)” caracteriza-se por uma coletânea de afirmações empíricas e formais acerca do método científico, ela é acabada, não se constitui como comportamento humano e não atrai o historiador; já a “Ciência (C<sub>2</sub>)” está ligada a atividades ou ao comportamento do cientistas que estão ligados a empreendimentos científicos (KRAGH, 2001).

Criando relações simplificadas entre C<sub>1</sub> e C<sub>2</sub>, poderíamos dizer que C<sub>1</sub> está contido em C<sub>2</sub>, de forma que as vezes a História da Ciência (C<sub>2</sub>) não tem nada de C<sub>1</sub>, visto que ela pode ser estudada por historiadores sem formação científica para compreender C<sub>1</sub>.

Diante destas definições, não há um motivo especial ou justificável em se traçar linhas do tempo e partir de datas pré estabelecidas para seu início e final para discutir o desenvolvimento da ciência através da história. Para Kragh (2001), “a data aceite como sendo início da história da ciência depende das fontes disponíveis e da flexibilidade que queiramos conferir ao termo ciência” (KRAGH, 2001, p. 33).

A disponibilidade e a flexibilidade das fontes dependerão de fatores como: os objetivos, justificação, explicações, estrutura, organizações e é claro das fontes usadas para a pesquisa, sendo assim, parte do historiador a definição dos parâmetros que serão usados em sua pesquisa sobre a historiografia da ciência.

Segundo Kragh (2001) “no decurso histórico dos acontecimentos não encontramos qualquer forma objetiva ou natural de divisão” (KRAGH, 2001, p. 85) por isso quando se vai escolher um tema para pesquisa em historiografia tem-se a liberdade de se “decidir colocar ocorrências em determinados períodos de acordo com sua maior ou menor ligação, na esperança de que isso iria refletir o desenvolvimento interno ou lógico da ciência” (KRAGH, 2001, p. 85) mesmo que “a divisão em períodos de acordo com outros parâmetros que não o tempo normal pode ter vantagens didáticas mas deve ser usada com precaução” (KRAGH, 2001, p. 85), pois pode levar a análise para um sentido mais anacrônico<sup>9</sup>.

Kragh (2001), em um capítulo destinado a explicar sobre a estrutura e organização da historiografia da ciência propõe uma forma de organizar a história da ciência, vejamos.

Uma forma de organizar a história da ciência consiste em dividi-la em seções “horizontais” e “verticais” [...] A história da ciência é entendida aqui como significando o estudo do desenvolvimento através do tempo de um dado assunto restrito. Uma especialidade científica, uma área de problemas ou um tema intelectual [...] a história horizontal é tipicamente história de uma disciplina ou história de uma subdisciplina [...] a história vertical é uma forma alternativa de organizar o material da história da ciência [...] enquanto a história horizontal é o filme de uma parte restrita da ciência, a história vertical é um instantâneo da situação geral [...] Na história organizada horizontalmente, o historiador isola uma disciplina, ou um problema em particular, de outras disciplinas contemporâneas (KRAGH, 2001, p. 91).

E na história organizada no eixo vertical pode ser uma disciplina científica, uma área de problemas ou um tema conceitual. Organizando desta maneira faz-se um recorte

---

<sup>9</sup> História da ciência anacrônica, simplificada seria analisar o passado com olhos do presente considerando todo o conhecimento atual para análise de uma teoria ou observação do passado. Destinaremos alguns parágrafos mais adiante para a discussão destes pontos.

específico da disciplina e do tema que se quer pesquisar, mas corre-se o risco de se apresentar uma história presentista e até mesmo despreocupada ou ingênua.

A história presentista a que fizemos referência está associada à ideia de história da ciência anacrônica que abordamos brevemente nos parágrafos anteriores, a prática da história anacrônica encara o objetivo da história da ciência como ligado, em primeiro lugar, à situação presente, na crença de que a tarefa do historiador da ciência é compreender o conteúdo da ciência mais antiga e transmitir essa compreensão aos cientistas de hoje. Desta maneira considera-se que “um texto foi compreendido se o seu verdadeiro conteúdo, no sentido corrente, puder ser exposto com um formalismo moderno e usando o conhecimento moderno” (KRAGH, 2001, p. 99).

A história anacrônica permite que os fatos e teorias científicos sejam encarados como tendo uma “existência permanente, quase transcendente, mesmo em períodos em que não são reconhecidos” (KRAGH, 2001, p. 102). Grande parte do que pode-se designar por história anacrônica é também reconhecida como a interpretação *Whig* ou *whiggista* da história.

Kragh (2001), aponta armadilhas da história *Whig*, dentre elas estão: a avaliação e atribuição de estatuto, a formalização, a coerência e racionalidade e a antecipação.

A avaliação e atribuição de estatuto, “avaliam o conhecimento do passado como se este dissesse respeito aos mesmos assuntos e conceitos a que pensamos “realmente” dizer respeito hoje” (KRAGH, 2001, p. 105).

A formalização faz menção à modernização da história que “pode redundar facilmente em sérios anacronismos que distorcem a realidade histórica ao ponto de a tornarem irreconhecível” (KRAGH, 2001, p. 106).

A coerência e a racionalidade são armadilhas quando usadas em prol de uma distorção da realidade, pois “o historiador tem o direito de clarificar passagens obscuras, se puder justificar a clarificação através de provas independentes. Mas não poderia pôr de lado a possibilidade de o texto ser realmente obscuro” (KRAGH, 2001, p. 111).

Por fim a antecipação

Está intimamente ligada à tese da invariância e, em geral, à continuidade na história da ciência [...] este método, em que um desenvolvimento é apresentado como uma sequência de pequenas alterações em que, por conseguinte, não existe

nenhum indício óbvio, tem sido apelidado de técnica de emergência (KRAGH, 2001, p. 114).

Discute-se também a necessidade do historiador encontrar métodos *anti anti-Whig*, já que por vezes é necessário se ceder a algumas armadilhas *whiggistas* para se descrever uma continuidade ou fazer uma breve comparação de teorias usando a historiografia da ciência. Para não se extrapolar no uso da análise *whiggista* da história, é imprescindível realizar uma escolha consciente e confiável da fonte que se vai usar para o trabalho historiográfico.

Em geral para que não se perca muito tempo, opta-se por iniciar uma pesquisa historiográfica das fontes secundárias. Em particular procura-se por historiadores que trabalharam sobre o mesmo assunto ou sobre assuntos semelhantes ao que se quer pesquisar, assim estima-se rapidamente as informações que merecem estudo mais minucioso, cabendo ao pesquisador analisar a autenticidade e fiabilidade das informações coletadas para análise.

Neste processo o historiador pode apresentar um trabalho oposto à história anacrônica que apresentamos anteriormente Kragh (2001) apresenta a oposição ao anacronismo com a história diacrônica, que consiste em,

Estudar a ciência do passado à luz da situação e das opiniões que verdadeiramente existiam no passado, por outras palavras, não considerar quaisquer ocorrências posteriores que não podiam ter tido influência no período em questão. Ocorrências que se deram antes, mas que na realidade eram desconhecidas na altura, têm de ser igualmente encaradas como inexistentes (KRAGH, 2001, p. 100).

Por fim, segundo Kragh (2001), um bom antídoto a armadilhas *whiggistas* é o ideal diacrônico, e para as armadilhas diacrônicas deve-se usar como o antídoto o ideal anacrônico, pois,

Na prática o historiador não se vê confrontado com uma escolha entre uma perspectiva diacrônica ou anacrônica. Geralmente, ambos os elementos deviam estar presentes, dependendo as suas importâncias relativas do tema particular a ser investigado e da intenção da investigação. O historiador da ciência tem de ser uma pessoa com a cabeça de Janus que, ao mesmo tempo, é capaz de respeitar os pontos de vista diacrônico e anacrônico, em conflito (KRAGH, 2001, p. 118).

Nosso foco neste capítulo baseia-se em buscar na história da Química os contornos da experimentação. Vamos também agora, ao final desta seção, apresentar a ideia de

experimentação na historiografia. Segundo Kragh (2001), o passado não pode ser anulado, mas pode por vezes ser estudado por métodos experimentais.

Kragh (2001) salienta que “a história experimental da ciência não tem sido usada nem extensiva nem sistematicamente e as opiniões a seu respeito dividem-se” (KRAGH, 2001, p. 177). Parte dos historiadores entende que o uso da história experimental é importante para a compreensão detalhada de um fenômeno estudado, já outros historiadores afirmam que o uso da história experimental só verifica erros nos fenômenos descritos por seus pioneiros, fato que culmina numa perda de tempo já que “a reprodução moderna de eventos históricos sugerida, só se aplica a eventos que possam ser isolados e repetidos, ou seja, que sejam regidos por leis causais” (KRAGH, 2001, p. 178).

A reconstituição histórica tem um estatuto diferente do que se atribui a reconstituição racional ou lógica que se discute em teoria da ciência. Na reconstrução racional repensamos o problema a partir de uma norma particular de racionalidade e, quem sabe, criticaremos um cientista por ter argumentado de uma forma que não é racional. Este tipo de reconstituição pode ser valioso filosoficamente, mas como história da ciência é inaceitável; é irrelevante que um cientista tenha pensado ou não tal como um filósofo moderno poderia desejar que tivesse feito. Não podemos adquirir qualquer conhecimento do passado avaliando os acontecimentos respectivos com base em normas modernas de racionalidade. Ao fim e ao cabo essas normas são, elas próprias, resultado de um processo social e histórico (KRAGH, 2001, p. 179).

Neste sentido, entendemos que reproduzir um experimento realizado por um célebre cientista como por exemplo, o experimento de composição do ar de Lavoisier, não significa (*re*)experimentar, pois experiências históricas são ocorrências únicas e irrepetíveis, mas se for feito um estudo exaustivo do clima científico e intelectual que existia na época em que Lavoisier realizou seus experimentos, poder-se-ia compreender melhor este cientista e seu trabalho.

Maar (2008) ao responder a pergunta, “O que historiamos quando historiamos a Química?” diz que a história da Química não deve ser uma relação de datas, nomes e descobertas, o historiador deve considerar igualmente os fatos científicos, os aspectos filosóficos, históricos, econômicos e sociais. Assim,

Podemos adiantar que esta história nos fascinará, pela extrema engenhosidade do pensamento humano em conceber esquemas teóricos coerentes, imaginar experimentos e equipamentos que num enfoque científico amplo esclarecem nossas hipóteses sobre a matéria de determinada espécie, ou colocar esta espécie de matéria a nosso serviço. Há muitas maneiras de contar a História da Química, que oscilam entre duas visões extremas, que os historiadores da Ciência chamam de internalista e externalista (MAAR, 2008, p. 18).

Semelhante à história anacrônica e diacrônica apresentada por Kragh (2001), Maar (2008) aponta que a historiografia internalista centraliza-se na dinâmica das componentes empírica e teórica desta disciplina. Nesta modalidade o historiador tem a liberdade de escrever sobre teorias, processos e resultados obtidos pelo pesquisador, bem como suas próprias teorias, processos e resultados. Neste sentido o leitor precisará ter certa familiaridade com a disciplina, para ser capaz de entender e avaliar as teorias a partir delas próprias num contexto temporal, semelhante a história anacrônica (MAAR, 2008).

Na historiografia externalista, semelhante a história diacrônica, “a história deve levar em conta também erros e atalhos, além das linhas que teriam levado diretamente ao progresso científico” (MAAR, 2008, p. 19).

Da mesma forma que apresentamos anteriormente, defender os extremos entre historiografia internalista e externalista bem como anacrônico e diacrônico, não é frutífero para a história da Química, frutífero e interessante hoje, é aliar o conhecimento do historiador ao conhecimento do cientista de maneira que se possa entender o processo de desenvolvimento não somente da Química mas de todas as ciências modernas.

Tendo estas ideias em mente, vamos agora levantar o papel do experimento e da experimentação na “Química”, ou melhor em suas precursoras, a alquimia e a protoquímica<sup>10</sup> compreendidas entre os séculos anteriores ao século XVIII, na seção a seguir.

---

<sup>10</sup> A etapa da Protoquímica compreende o período desde a Antiguidade até o início da era Cristã e caracteriza-se por abordar as artes práticas (artesanais), executadas pelos diferentes povos, e os aspectos teóricos ou filosóficos sobre a compreensão da natureza, em especial a constituição da matéria, em diferentes civilizações do mundo. Uma das características desse período é que a prática e a teoria não andavam juntas.

## OS CONTORNOS DA EXPERIMENTAÇÃO NA “QUÍMICA DA ANTIGUIDADE”

“O que será a alquimia? Uma sabedoria ou uma mântica? Uma teurgia ou uma filosofia? Certamente não é uma teoria mas, será uma técnica?” (Vargas, 1987, p. 11)<sup>11</sup>.

A invenção do que hoje chamamos de Química apresenta no início da sua história uma variedade de práticas artesanais passadas entre as gerações e de tradições culturais e religiosas de diferentes regiões do mundo.

Segundo Grant (2009) há relatos por exemplo de uma Química de origem árabe, grega, chinesa, hindu, enfim, a Química instituída no século XVII cresceu sobre o solo fértil das observações, dos mistérios, das crenças e da magia.

Por este motivo optamos colocar no título desta seção o termo “Química da antiguidade” entre aspas, pois nossas definições partirão da opacidade desta forma de lidar com a natureza relatada nos parágrafos anteriores.

Parece provável que a origem da palavra Química tenha ficado perdida para sempre nos redemoinhos do movimento histórico, pois não se sabe ao certo sua origem, mas acredita-se que trata-se de ciência feita pelo homem consciente de sua capacidade de fabricar instrumentos e de os utilizar numa conjectura que permeou a técnica, a magia e a feitiçaria avançando juntas na história da civilização (ALFONSO-GOLDFARB, 1987).

Segundo Alfonso-Goldfarb, a palavra grega “*Chemeia*” teria pelo menos duas possíveis raízes distintas sendo elas do termo *Chem* de origem egípcia que designa a coloração negra<sup>12</sup> e o verbo grego *Chew*, derivado dos vocábulos *Chuma* (metal fundido) e *Chumeia* (arte de preparar um lingote metálico).

Supõe-se ainda que entre os chineses havia também conhecimentos bem estruturados, fortemente ligada ao taoísmo, a alquimia chinesa tinha como objetivo obter

---

<sup>11</sup> Trecho retirado do Prefácio escrito por Milton Vargas para o livro de Ana Maria Alfonso Goldfarb intitulado *Da alquimia à química*, 1987, Nova Stella Editorial, São Paulo, 278 p.

<sup>12</sup> A palavra Negro pode significar o solo fértil do Egito, ou a etapa do enegrecimento causado após uma calcinação ou oxidação ou ainda ser considerado uma cor de origem divina, dedicada ao deus Anúbis daí a conotação à Magia Negra, ou Arte Negra arte do aperfeiçoamento em busca da perfeição e do divino.

a cura de todos os males e a busca da eternidade através de um elixir que proporcionaria equilíbrio entre o ser humano e o universo.

“*Chin-I*” era o nome dado a esta doutrina sendo a junção dos termos “*Chi*” ouro e “*I*” líquido extraído de certas plantas especiais. Existem vertentes que defendem outros nomes à Química chinesa “tais hipóteses vão desde o empréstimo de termos hindus à língua chinesa, até a afirmação de que tal palavra nada significaria nessa língua, o que nos reportaria a origens ainda mais misteriosas de tal prática”. (ALFONSO-GOLDFARB, 1987, p. 44).

Portanto não cabe a nós discutir a origem da alquimia ou da Química, mas podemos falar sobre alguns fatores históricos que proporcionaram o florescimento desta ciência particular buscando pelos contornos que nos remetem a experimentação neste período.

Na época da formação das sociedades agrícolas, havia a concepção vitalista de que a *mãe terra* possuía um ventre fértil capaz de germinar todas as sementes nela plantadas, assim o homem é visto como controlador e acelerador dos processos e da força da natureza através de estratégias ritualísticas herdadas de tempos mais remotos nos quais a figura do *xamã* fazia a mediação ente o homem e os mistérios do mundo.

A metalurgia por ter sido a força iniciadora da formação dos grandes impérios passa a ser “considerada como um dos marcos de passagem da humanidade para uma nova era [...] a sociedade que irá se desenvolver ao redor da mineração e da metalurgia herdará a visão vitalista e sagrada do universo” (ALFONSO-GOLDFARB, 1987, p. 45-46).

Dois dos grandes centros de civilizações desta época, o Egito Antigo e a Mesopotâmia, se destacam historicamente pelo interesse em explicar praticamente todos os fenômenos naturais através da observação e da magia, estabelecerão o vínculo entre a metalurgia e a alquimia (GRANT, 2009).

“Todavia, parece que a preocupação dos antigos metalurgistas egípcios e mesopotâmicos, em imitar metais e gemas, pouco tinha a ver com a questão alquímica da transmutação” (ALFONSO-GOLDFARB, 1987, p. 49). Uma vez que era comum a prática da imitação de metais e pedras preciosas visando a substituição de gemas e metais valiosos, essas civilizações desenvolveram técnicas de tingimento, de mistura e de

laminação tão precisas que no Egito por volta de 500 a.C. foi necessário desenvolver técnicas de igual nível para poder detectar tais falsificações.

Grant (2009) afirma que,

A interação entre explicações naturais e sobrenaturais dos efeitos observados no mundo físico sofreu uma guinada em direção ao natural por volta de 600 a. C., quando os antigos gregos surgiram no cenário e deixaram traços das primeiras especulações durante os anos entre 600 a 400 a.C., um período que estabeleceu as fundações da ciência grega e da filosofia natural pelos seiscientos anos seguintes (GRANT, 2009, p. 19).

Segundo Alfonso-Goldfarb (1987), as ideias da Grécia Clássica contribuíram para a formação da teoria alquímica, já que mesmo não valendo-se de observações e experimentos os filósofos pré-socráticos formaram a base das escolas filosóficas. As duas escolas mais influentes para a alquimia são a dos estoicos<sup>13</sup> (mais ou menos 120 a.C) e a dos neopitagóricos<sup>14</sup> (mais ou menos 50 a. C.) que se fundiu ao neoplatonismo após o segundo século da nossa era.

Mais importante que o neoplatonismo para a alquimia alexandrina seria o pensamento dos gnósticos e dos herméticos, duas correntes cuja formação é bastante obscura, a primeira, em linhas gerais, acreditavam nos deuses-planetas dos caldeus associados, de forma mágica e dual aos fenômenos naturais e a segundo é atribuído ao deus egípcio *Toth* patrono da alquimia, que abriria as portas dos segredos da natureza e do universo através da interpretação de seus símbolos. Para a autora,

Serão sobre alegorias, como as do hermetismo e as do gnosticismo, agregadas a elementos da cosmologia grega, que surgirão as principais tentativas de se teorizar as práticas místicas e mágicas, fora do contexto religiosos, para poder transformá-las em árduas práticas de laboratório da alquimia. O alvorecer da nossa era vê nascer em Alexandria, coração do mundo helênico, uma enorme profusão de textos dedicados a “Arte Sacra” da Alquimia. Apresentam basicamente as práticas metalúrgicas dos papiros de Leydeen e Estocolmo, aperfeiçoadas algumas vezes pelo uso de aparelhos e utilizando, outras vezes, ritos mágicos aparentemente provenientes das antigas civilizações mesopotâmicas agora agregadas ao mundo grego. Todavia, eles contêm uma novidade, não encontrada nos velhos papiros ou nos escritos dos magos: a justificação cosmológica da transformação (ou “transmutação”) da matéria para a qual tão bem se prestavam os “opostos” gregos ou as grandes “cadeias” cósmicas do panteísmo oriental (ALFONSO-GOLDFARB, 1987, p. 63).

<sup>13</sup> Corrente dedicada a reinterpretar as ideias de Aristóteles.

<sup>14</sup> Não chegou a consolidar-se como uma escola filosófica, tendo sido assimilado pela corrente neoplatonista, suas ideias centrais permaneciam na configuração da “alma mundis”, como também na alquimia árabe e medieval.

Uma das figuras mais estudadas que viveu por volta do século III d.C. foi Zóximo considerado um grande “filósofo” (alquimista); sua obra foi considerada por muito tempo fonte de principal referência aos alquimistas práticos que o antecederam.

As contribuições de Zóximo bem como suas reproduções de ensinamentos de Maria, a Judia e outros filósofos alquímicos que o sucederam<sup>15</sup>, facilitaram a reconciliação da teoria e da prática à alquimia. Após Zóximo o trabalho de investigação da matéria vai tomando progressivamente a conotação de uma doutrina mística, puramente evocativa e intelectual no qual a prática passa ser considerada secundária.

Enquanto isso na civilização chinesa, “a alquimia parece não estar diretamente vinculada à metalurgia, suposição baseada tanto na escassez de material mineral, quanto no lento avanço das práticas metalúrgicas” (ALFONSO-GOLDFARB, 1987, p. 69). Para a crença taoísta o homem não podia acumular riquezas, assim, ouro não tinha valor de troca na antiga China.

Logo, o ouro alquímico chinês era usado como forma de elixir para saúde do corpo, artefatos feitos de ouro alquímico, bem como pequenas doses consumidas garantiriam a perenidade, incorruptibilidade e resistência à aqueles que os usavam e consumiam.

Em consequência surgem a partir de então a ideia de cura e enfermidade a partir da falta ou excesso de certo elemento e da necessidade de um equilíbrio entre o homem e a natureza, ideia mais tarde muito exploradas pelos contemporâneos como Paracelso por exemplo.

Para Alfonso-Goldfarb,

Só muitos séculos depois, com o florescimento da cultura árabe, voltaria a alquimia a ser o desvendar de novos mistérios da matéria, e não apenas citada como texto simbólico e filosófico[...] Tudo leva a crer que, os árabes realmente receberam influências da duas fontes, e as reinterpretaram. Se uma – a greco-egípcia – é mais marcante, porque a seu respeito temos uma enorme literatura, a

---

<sup>15</sup> Zóximo escreveu um tratado intitulado *Cheirokmeta* escrito em forma de uma série de cartas dedicada a sua irmã Theosobia, nesta obra ele faz uma fundamentação da prática “quasi-alquímica” de seus precursores através de um pensamento filosófico, esta obra também é considerada a fonte principal de referências aos alquimistas práticos que o antecederam, buscando segundo os historiadores, construir um corpo de conhecimento alquímico a partir das descrições de práticas anteriores. Zóximo viveu aproximadamente dois séculos depois de Maria, a Judia, que viveu depois de (pseudo) Demócrito, outro importante alquimista da antiguidade, apesar de ambos terem vivido em períodos distintos suas técnicas e teorias foram alinhavadas nos textos de Zóximo de maneira a constituir sua mais famosa obra dedicada a alquimia (ALFONSO-GOLDFARB, 1987).

outra – a asiática – está imersa no próprio tempo, e sempre pairou sobre a história da humanidade. (ALFONSO-GOLDFARB, 1987, p. 68; 74).

Foi com a fundação da Bagdá em 762 e ascensão do califado da dinastia abássida, que se deu início ao trabalho de tradução das principais obras gregas. Embora o objetivo inicial dessas traduções fossem os trabalhos sobre teologia e medicina, a partir do século V diversos outros trabalhos foram traduzidos entre eles os que os islâmicos chamaram de “ciências estrangeiras” ou “ciências pré-islâmicas”.

Segundo Alfonso-Goldfarb,

De culturas como a persa, a egípcia ou a mesopotâmica, agregadas ao que restou da antiga dominação greco-romana, será formado o caldeirão de diversidades, de onde os árabes irão moldar sua própria cultura. Será através da arte de adaptar, de transformar ideias diversas e dispares num amálgama próprio e particular, que os maometanos irão se tornar herdeiros indiretos, mas legítimos, de grande parte das culturas antigas (ALFONSO-GOLDFARB, 1987, p. 81).

A esta herança atribui-se os antigos estudos sobre o mundo material como agricultura, arquitetura, as artes e sobre a filosofia, astronomia, mágica e é claro sobre alquimia. Devido às modificações feitas durante as traduções, os textos que chegam ao mundo árabe devem ter, portanto, uma composição híbrida, na qual fica difícil dizer quem influenciou quem ou quais foram os acréscimos dos tradutores.

Dentre a infinidade de nomes de alquimistas árabes, Jabir<sup>16</sup> e Razi se dedicaram de forma mais expressiva, adicionando as bibliotecas alquímicas muçulmanas novos conhecimentos e novas descobertas.

O corpus jabiriano possui uma grande quantidade de experimentos e manipulações de laboratório, de maneira que seus ensinamentos mostram que a experiência não deve ser tomada apenas como prática empírica, mas fundamentada em certas regras obedecidas pela natureza. No quesito transmutação dos metais, estas obras afirmam que a transmutação não deve ser feita por tentativa e erro, mas baseada nas teorias das proporções e quantidades.

Segundo Alfonso-Goldfarb as teorias do corpus jabiriano,

Têm um interesse especial como tentativa racional – mesmo que distorcida – de reconciliar teoria e prática, e como uma tentativa inicial de aplicar a matemática

---

<sup>16</sup> Há um debate entre os historiadores sobre a existência de Jabir, de um lado alguns afirmam que Jabir não passa de uma figura lendária a qual foram atribuídos feitos alquímicos de várias gerações fundantes de uma escola alquímica de Jabir, de outro lado historiadores defendem que Jabir foi um estudioso com muitos discípulos e por este motivo seus textos foram revistos e aumentados ao longo do tempo. Por convenção atribuiremos as obras de Jabir o nome de “corpus jabiriano” buscando estar em um lugar neutro entre o debate destes historiadores.

na ciência da matéria. De qualquer forma, Jabir e sua suposta escola de alquimistas é um dos exemplos mais singulares da história da “Grande Arte”. É comparável, todavia, ao exemplo de Razi, outro grande nome árabe, o que torna a história da alquimia árabe mais surpreendente (ALFONSO-GOLDFARB, 1987, p. 96).

A obra mais importante de Razi é o *Livro dos Segredos dos Segredos*, nele é explicita suas ideias e influências alquímicas. Há relatos de que Razi foi exímio experimentador e elaborador de uma alquimia desacralizada, mas apesar disso aceitou a ideia da transmutação e a descreveu com riqueza de detalhes em sua obra.

Em sua obra, Razi faz uma primeira classificação, na tentativa de separar os materiais solúveis dos não solúveis, além de ser esta uma maneira que ele encontrou de melhor catalogar materiais de uso cotidiano. À ele também é atribuída a origem da iatroquímica na forma em que esta se apresentava no Renascimento europeu.

Interessado na obtenção de “elixires das mais diversas substâncias (que muitas vezes acabavam sendo úteis para outros fins que os da “transmutação”, incentivou a busca, entre os iatroquímicos europeus do “elixir” da longa vida, e “remédio” que “cura” os metais e pode “curar” o homem (ALFONSO-GOLDFARB, 1987, p. 100).

Para Beltran (2002), os experimentos feitos por estes alquimistas não podem ser comparados às primeiras práticas de laboratório que se tem registro uma vez que, “todos esses receituários descrevem principalmente práticas de ateliê, em sua grande parte referentes ao trabalho com metais e ao preparo e à aplicação de tintas (BELTRAN, 2002, p. 45). Estes materiais eram mantidos em bibliotecas cujo acesso era restrito a eruditos, por se acreditar que neles estivessem guardados ancestrais conhecimentos secretos.

Por isso os artesãos eram considerados xamãs, mágicos e curandeiros uma vez que sabiam lidar com os segredos da natureza sem antes ter tido acesso aos livros dos segredos ou mesmo saber interpretar as simbologias presentes nas imagens e no texto alquímico.

Uma vez que os livros da antiguidade não tinham a intenção de divulgar mas sim ocultar “os valiosos conhecimentos sobre as artes, os quais permitiriam atuar sobre as forças da natureza, especialmente por técnicas de magia operativa” (BELTRAN, 2002, p. 47), eram de grande valor.

Não há uma distinção precisa a ser feita entre laboratórios alquímicos e ateliês, uma vez que tanto alquimistas quanto artesãos dominavam certas técnicas sendo a

diferença principal que uns a descreviam através de simbologias e outros a usavam em seu trabalho cotidiano.

Assim, é possível supor que além de pincéis, buris e cinzeis, também equipamentos como retortas, alambiques, copelas, fornos e forjas fizessem parte dos equipamentos pertencentes a um ateliê no qual se elaboravam pinturas, esculturas em metal e vidros decorados[...] um ateliê era também o lugar onde se produziam os materiais utilizados nas artes (BELTRAN, 2002, p. 50).

Segundo Grant (2009), o espírito de investigação na Europa Ocidental do século XII e XIII foi confinado a interpretar, elaborar e exercitar seus intelectos com os velhos pensamentos platônicos e neoplatônicos e somente após a retirada do controle islâmico da Espanha e da Sicília é que puderam entrar em contato com a cultura islâmica e a língua árabe, nesta época bem avançadas em questões alquímicas e de filosofia natural.

Houve então novamente um trabalho cooperativo entre tradutores para traduzirem as bibliotecas árabes para o latim. Junto aos tradutores vieram os novos problemas de tradução, uma vez que alguns preocupavam-se em traduzir palavra por palavra e outros traduzir o sentido geral daquilo que liam em outra língua e passavam para o latim.

Segundo Grant,

O problema com as traduções não é meramente o da conversão de um texto em uma língua para outra, mas o de transmitir aquele texto de uma cultura para outra [...] As numerosas traduções das obras individuais de Aristóteles – do grego para o siríaco e para o árabe, e então do árabe para o hebraico ou espanhol, e, finalmente, para o latim, ou grego para o latim – devem ter inevitavelmente alterado o sentido dos textos conforme eles passavam de uma língua para outra de uma cultura para outra [...] Antes da invenção da imprensa, sentimo-nos compelidos a concluir que um Aristóteles diferente se escondia em cada versão do que se propunha a ser um único e mesmo tratado (GRANT, 2009, p. 184).

Os estudo de obras originárias da alquimia entre os séculos IX e XIV, eram confusos e por um lado pareciam indicar que o nascimento da Química devia-se aos trabalhos de laboratório dos alquimistas mas, por outro lado, sua linguagem cheia de símbolos tornava incompreensíveis muitos processos, materiais e ideias ali presentes, dificultando paralelos diretos com a nova Química uma vez que podia se forçar a interpretação de velhos “erros” a novas interpretações, imaginando-se poder encontrar invenções e ideias modernas nas frases simbólicas dos alquimistas (ALFONSO-GOLDFARB e JUBRAN, 2002).

“Nem sempre do mesmo tipo, e nunca fáceis de interpretar, as obras escolhidas [...] foram, com certa frequência, ricas em procedimentos químicos” (ALFONSO-GOLDFARB e JUBRAN, 2002, p. 12). De maneira semelhante tanto os árabes como os gregos que se envolveram em traduções e estudos alquímicos dedicaram atenção especial ao antigo laboratório procurando por vínculos modernos, nesta busca de indícios modernos, acabaram encontrando, de muitas formas as singularidades do laboratório antigo.

Segundo Goldfarb e Jubran (2002), entre as traduções de textos alquímicos de árabe para latim destacam-se como tradutores contemporâneos, Bertholet, Stapleton, Ruska e Holmyard. Estes tradutores evitaram tornar seus trabalhos simples intermezzo, seus estudos mostraram cenários do laboratório árabe medieval sem igualá-los a estudos alquímicos de outras culturas.

Bertholet foi um dos pioneiros em refazer traduções de textos alquímicos do grego para o latim. A ele é atribuída a primeira tradução da obra de Zózimo, esta tradução foi amplamente utilizada por pesquisadores da história alquímica. Hoje após as críticas de Holmyard à tradução, sabemos que “Bertholet foi artífice de um completo rearranjo e seleção dos textos de Zózimo, impondo um desenho a essa obra que não estava delineado em quaisquer dos originais” (ALFONSO-GOLDFARB e JUBRAN, 2002, p. 19).

Assim, segundo as críticas posteriores, um “texto de Zózimo, marco da alquimia helenística e alexandrina – citado como fonte por estudiosos modernos e antigos “iniciados” – teria mais a dizer sobre o valor simbólico do que sobre as práticas de laboratório” (ALFONSO-GOLDFARB e JUBRAN, 2002, p. 20).

Stapleton, um dos críticos de Bertholet, por exemplo, tentou provar a tese de que “a alquimia árabe não era somente permeada por ideias gregas, mas sobretudo por noções práticas e míticas advindas das antigas culturas mesopotâmica, persa e chinesa, herdou delas o uso de materiais de origem orgânica, envolvendo uma série de procedimentos mágicos de cunho operativo” (ALFONSO-GOLDFARB e JUBRAN, 2002, p. 23). Segundo estudos, os materiais de origem orgânica e o sal amoníaco teriam sido um dos principais elementos diferenciais da alquimia árabe.

Não diferente de Bertholet, Stapleton tenta mostrar o quão moderno era o pensamento de Razi, alquimista autor de uma série de doze tratados e do livro dos Segredos (Kitab al-Asrar),

Repleta de operações mágicas, bem como de extravagantes materiais de origem orgânica, essa imagem, porém, não se ajustava à do laboratório *quasi*-moderno recortada por Stapleton e seus colaboradores na obra de Razi. Todavia, na medida em que resvala nas incongruências entre Razi e suas pretensas fontes, esse estudo acaba, sem querer, oferecendo brechas por onde se antevê uma prática alquímica verdadeiramente especial, mas nada moderna (ALFONSO-GOLDFARB e JUBRAN, 2002, p. 26).

A partir do século XIV houve uma intensificação da cópia e compilação de receituários, fato inusitado uma vez que nesta época a divulgação das técnicas significava uma ameaça à manutenção das oficinas e dos ateliês. No final do medievo, houve então um distanciamento entre esses receituários sobre as artes e a ancestral tradição dos segredos, uma vez que os receituários eram amplamente divulgados e copiados, sendo adicionadas novas receitas a cada compilação.

“A exemplo desses primeiros artistas, outros artesãos passaram a elaborar tratados em que mostram a clara intenção de valorizar suas atividades. Tal foi o caso de Vanoccio Biriguccio, mestre artesão da cidade de Siena, que escreveu *De la pirotechnia*, tratado de mineração e metalurgia que viria a ser publicado em 1540. Outro tratado sobre os mesmos assuntos foi descrito pelo médico germânico Georgius Agricola. Nessa obra, intitulada *De re metallica*, publicada em 1556, o autor [...] propõe-se a escrever sobre a arte dos metais[...]Nessas obras, processos de mineração e metalurgia, que tradicionalmente constituíram segredos de ofício, foram revelados em descrições bastante claras e até mesmo acompanhadas de ilustrações. Mas é interessante notar que nesses tratados aparecem várias das receitas que constavam das vastas compilações manuscritas referentes às artes decorativas, bem como outras, que, muito provavelmente, foram baseadas em livretos do tipo “como fazer” que, especialmente durante os anos 30 do século XVI, saíam das prensas em torrentes. Mesmo assim, tanto Biringuccio quanto Agricola procuram apresentar concepções sobre a formação dos metais e minérios com base em ideias sobre a composição da matéria (BELTRAN, 2002, p. 55)

Segundo Beltran, a partir de então tendeu-se a delimitar os campos da pintura, da mineração da metalurgia, abrindo caminho para a especialização das ciências e a separação entre laboratórios e ateliês, que viria se consolidar mais tarde no século XIX.

Devido à forte influência do clero na Europa Medieval dos séculos XII e XIII, a alquimia medieval tardia se voltará para a necessidade de observar a natureza como forma de melhor entender a obra divina, assim, foram criadas escolas de alto nível nos mosteiros para que se pudesse melhor compreender a natureza em sua divina totalidade.

Roger Bacon, assim como Alberto Magno, teve o privilégio do ensino universitário, o que provavelmente lhe proporcionou uma abertura para novos campos de estudo, e que teria faltado aos primeiros tradutores e compiladores do conhecimento árabe para que pudessem ter interpretado os pergaminhos que tiveram em mãos (ALFONSO-GOLDFARB, 1987, p. 123).

Há relatos de que Roger Bacon se interessou em conhecimentos práticos do “experimentadores” (apotecários, alquimistas, engenheiros e astrólogos) por acreditar poder organizar o saber de sua época a partir dos experimentos. Segundo Nascimento (2006) diz Bacon

Quem deseja, pois, gozar das verdades das coisas sem dúvida deve aprender a dedicar-se à experiência [...] como todas as parte da filosofia especulativa procedem por argumento, que ou são baseados na autoridade ou em outros fundamentos que não a parte que investigo presentemente, nos é necessárias à ciência que é chamada de experimental. Desejo explaná-la na medida em que é útil não só à filosofia, mas também à sabedoria de Deus e ao governo de todo o mundo, assim como no que precede aproximei as línguas e as ciências de seu fim, que é a sabedoria divina pela qual todas as coisas são dispostas. (NASCIMENTO, 2006, p. 54; 58).

“Como na época de Bacon “ciência” era a forma latina para designar o conhecimento em geral, daí dividiu-a em gramática, matemática, óptica, ciência experimental e moral ou ética” (ALFONSO-GOLDFARB, 1987, p. 127). Bacon monta uma estrutura onde os experimentos funcionam como forma de constatação dos mais inusitados eventos, que vão do fantástico ao cotidiano.

Para Bacon. A crença era o primeiro passo para se fazer a ciência experimental, em seguida estariam os conhecimentos dos homens práticos (artesãos, alquimistas, magos) que estariam mais aptos a exercer o comando do trabalho científico do que os teóricos.

Na verdade, a “ciência experimental” seria a mediadora entre a “ciência especulativa” que provém da crença ou da revelação, normalmente argumentativa -, e a “ciência operativa”, proveniente das pequenas práticas ainda não sintetizadas e que nos dão o instrumental. É a esta mediação que permitirá à “ciência experimental” verificar “todas as coisas naturais e artificiais” (ALFONSO-GOLDFARB, 1987, p. 128).

Deriva das ciências experimentais a alquimia. Assim, a alquimia segundo Bacon,

Ensinaria a “arte de fazer” metais preciosos, tingimentos e uma quantidade enorme de outras coisas de forma melhor, e em maiores quantidades do que a natureza... dando-nos não somente as condições financeiras para nos mantermos nesta prática, mas uma vida longa e saudável para prosseguir-la por muito tempo (ALFONSO-GOLDFARB, 1987, p. 131).

Desta forma, podemos ressaltar que o séculos XVI e XVII foram épocas em que a ciência estava em alta, em resumo, o prestígio inicial de Roger Bacon nos séculos XII

XIII, serviu para difundir e incentivar uma atitude mais reflexiva diante de ciências como a alquimia, de maneira a contribuir para sua fixação entre os latinos.

Observa-se que o pensamento alquímico vai gradualmente se modificando. Não podemos pôr um ponto final na alquimia, uma vez que seus mistérios e simbologias seguem sendo utilizados ao longo dos séculos, mas podemos notar que no quesito experimentação vão havendo sutis mudanças, segundo Zaterka (2001),

A diferença básica entre a alquimia e a Química experimental é que a primeira opera com instruções secretas para realizar experimentos secretos; enquanto na Química experimental o experimento é público e conduz a uma descoberta nova. Em segundo lugar, no experimento alquímicos julga-se obedecer ao comando da própria natureza que, potencialmente, já contém aquilo que o experimentador irá atualizar; na experiência Química, julga-se comandar a natureza, que se submete ao experimentador quando este interfere nela para que produza outros efeitos além daqueles que ela espontaneamente produziria (ZATERKA, 2001, p. 66).

Segundo Bensaude-Vicent e Stengers (1992), o desenvolvimento de tipos móveis na imprensa em papel foi crucial para o advento da crise da tradição alquimista, que mais tarde culminaria na Química propriamente dita, pois

Os textos antigos, logo que são impressos, tornam-se acessíveis, podem ser confrontados e postos em rivalidade com os autores modernos, e isto para um público alargado [...] quanto mais vasto era o público que lia a língua vulgar, mais se podiam avaliar as potenciais competências científicas e mais os artesãos eram encorajados a revelar os segredos das suas profissões imprimindo tratados e atraindo clientelas às suas lojas (BENSAUDE-VICENT e STENGERS, 1992, p. 36).

A prensa de tipos móveis trouxe consigo o advento de um novo período para o mundo científico e para a alquimia, Henry (1998), nomeia o início do século XVI e o final do século XVIII como princípio e consolidação da Revolução Científica.

Revolução científica é o nome dado pelos historiadores da ciência ao período da história europeia em que, de maneira inquestionável, os fundamentos conceituais, metodológicos e institucionais da ciência moderna foram assentados pela primeira vez. O período preciso em questão varia segundo o historiador, mas em geral afirma-se que o foco principal foi o século XVII, com períodos variados de montagem do cenário no século XVI e de consolidação no século XVIII. [...] podemos considerar, portanto, que o conceito de revolução científica designa um processo muito real de mudança básica. Se quisermos compreender a natureza e as causas dessa mudança, devemos tentar definir exatamente quais era as questões fundamentais para os antigos pensadores, as alterações mais significativas que eles operaram quanto a modos de pensar, as modificações mais claras ocorridas em sua organização social, as mudanças de maior alcance em sua prática científica e as implicações das descobertas e invenções mais expressivas (HENRY, 1998, p. 13).

Podemos então dizer que no período de tempo compreendido entre os séculos XVI e XVIII, a Europa estava em processo de mudanças drásticas

Talvez uma prova mais gritante disse fosse o uso disseminado da palavra “novo” em títulos de livros [...] o sentido de “novidade” que prevalecia no século XVII era sem dúvida uma consequência da crença de que muito do conhecimento que estava sendo divulgado era novo, e que isso representava distanciamentos significativos da filosofia natural de Aristóteles e da sabedoria tradicional dos antigos (GRANT, 2009, p. 358)

A Nova Filosofia Natural, que tinha como objetivo descrever e explicar o sistema do mundo físico em sua totalidade, sofreu influências de Galileu e a Cinemática, Descartes e a Mecânica, Newton e a Matemática, os Aristotélicos e a Medicina bem como de Boyle e sua Filosofia Experimental (HENRY, 1998)

Junto aos novos colaboradores vieram novas necessidades, os experimentos que a partir desse momento começariam a ser disseminados, necessitariam ser aperfeiçoados, assim,

Os matemáticos começaram a contribuir para o experimentalismo pois um dos traços característicos da revolução científica é a substituição da “experiência” evidente por si mesma que formava a base da filosofia natural escolástica por uma noção de conhecimento demonstrado por experimentos especificamente concebidos para esse propósito. Com uma prova matemática, o resultado final do experimento poderia perfeitamente ser conhecimento contra-indutivo (HENRY, 1998, p. 36)

Com o refinamento da matemática, desenvolveram-se novos instrumentos em prol da experimentação: o telescópio, o microscópio, a bomba de ar e o termômetro. Há registros de que antes do séculos XVI e XVIII, os instrumentos se resumiam a esferas, quadrantes e compassos, ou seja, instrumentos matemáticos mais simples, que não colaboravam para a nova necessidade de provas empíricas mais exatas como estes novos instrumentos (HENRY, 1998).

Nota-se que a matematização trouxe a valorização da experimentação; agora podia-se fazer previsões para experiências e provar empiricamente estas previsões. Como dito anteriormente na citação de Bensaude-Vicent e Stengers (1992), a prensa de tipos móveis foi primordial para este período, já que na vertente da Filosofia Natural, proposta por Boyle, a então chamada Filosofia Experimental foi amplamente divulgada pela imprensa. Surgiam assim os primeiros livros de Química e de Química Médica no cenário científico da época, pois enfatizava-se a importância da experiência na fundação do conhecimento e a valorização e reconhecimento das práticas dos artesãos pela elite (HENRY, 1998).

Segundo Henry (1998),

A máquina impressora mostrou-se de extrema utilidade ao ilustrar os novos catálogos. A importância desses novos textos uniformemente ilustrados não pode ser exagerada; eles representavam um imenso aperfeiçoamento em relação aos herbários e bestiários manuscritos na Idade Média, em que as ilustrações quando existiam, eram pouco realistas, seja porque eram copiadas (com frequência de modo muito tosco) de uma versão anterior por um homem habilitado como escriba, não como desenhista, ou porque sua função não era retratar a realidade, mas o papel simbólico da criatura no folclore[...] A busca pelo realismo em ilustrações feitas por artesãos competentes e que, ao contrário das ilustrações decorativas mais formalizados dos trabalhos anteriores, suscitava a comparação com espécimes reais, reforçava a mensagem explícita dos textos de que a experiência pessoal era um guia mais confiável que a autoridade, além da mensagem implícita de que artesãos competentes tinham algo a oferecer na busca de uma compreensão do mundo real. Se passou a haver maior realismo nas ilustrações, houve um aumento correspondente no que poderíamos chamar de naturalismo nos textos (HENRY, 1998, p. 41).

Segundo Maar (2008), o século XVI se consolidou sob grande atividade prática, da metalurgia e da farmacologia e aos prenúncios da Química Inorgânica moderna. Mesmo sobre influências religiosas, autores como Paracelso e Libavius, na Química médica e Ercker e Agricola, na Química metalúrgica e de minerais, deram o pontapé inicial para os estudos em uma Química, que segundo Debus (2002),

Seria uma nova ciência fortemente baseada na observação e na religião. Os que se viravam para a quantificação recordavam-se possivelmente de que Deus tinha criado “todas as coisas em número, peso e medida”. Isto era interpretado como um mandato para o médico, o químico e o farmacêutico – homens que pensavam e mediam regularmente no decorrer de seu trabalho (DEBUS, 2002, p. 23).

Os primeiros livros publicados, que influenciaram inclusive Paracelso, focalizavam essencialmente dois temas, a destilação e a mineração, as publicações variavam entre livros científicos e pequenos manuais práticos (MAAR, 2008).

Quando dizemos que os primeiros livros impressos influenciaram inclusive Paracelso queremos dizer que até o influente alquimista médico, cedeu aos conhecimentos dos livros, além de ter adquirido uma boa base de conhecimentos através das pessoas com quem se relacionava em suas viagens, entre estas pessoas estavam os mais sábios médicos da época até os mais humildes artesãos.

Para este autor,

Paracelso tem lugar garantido na História da Química e da Medicina como criador ou pelo menos inspirador da **Quimiatria**, literalmente “medicina Química”, um período na história da Medicina e da Química (c.1530 a 1670), correspondente à vigência das teorias de Paracelso, ou de teorias desenvolvidas segundo seus princípios, de uso e preparo de medicamentos (MAAR, 2008, p. 232).

Resumidamente falando, os princípios seguidos por Paracelso eram os quatro elementos aristotélicos aliados à *tria prima* (sal, mercúrio e enxofre). Segundo a crença os princípios da *tria prima* estavam diretamente ligados ao corpo, a alma e ao espírito, assim todas as doenças eram causadas por desequilíbrios na *tria prima*, logo era o trabalho do médico químico reestabelecer o equilíbrio usando medicamentos alquimicamente preparados (MAAR, 2008).

Segundo Debus (2002) a medicina paracelsista, representou um abandono da Antiguidade caracterizada por pensamentos aristotélicos, pois,

A melhor expressão da resposta paracelsista à Antiguidade encontrava-se na ênfase posta na observação e na experimentação como uma nova base para o estudo da natureza. Seguramente os paracelsistas não se encontravam sozinhos nesta argumentação, mas seu interesse especial pela Química como guia para o estudo do Homem e do Universo distingue-os de outros filósofos renascentistas da natureza [...] existem poucas dúvidas de que alguns dos conceitos “modernos” do final do século XVII se enraízam nos conceitos “não modernos” dos iatroquímicos do século anterior. Contudo, foi essencialmente por definirem a visão de uma nova ciência baseada na observação e interpretada através da Química que participaram num debate que viria a influenciar a definição de aspectos significativos da ciência moderna (DEBUS, 2002, 33-34).

Muitos estudiosos da época se associaram ao pensamento de Paracelso. Há registro de paracelsianos na Holanda, França, Itália, Dinamarca, Inglaterra e Polônia.

Entre estes estudiosos, foram desenvolvidos outros trabalhos experimentais além da produção de medicamentos, como estudo de diversos sais, uso de indicadores extraídos de plantas, determinações de grau de acidez de soluções, estudos sobre fermentação, solventes e reação em solução, além do primeiro tratado químico sobre o açúcar (MAAR, 2008).

Para Maar (2008), dividir artificialmente o século XVI em duas vertentes, médica e mineralogia-metalurgia, representa uma maior abrangência e organização dos fatos ocorridos, já que a vertente médica é caracterizada pelo pensamento paracelsista como já dissemos e na vertente mineralógica-metalúrgica, destacam-se os procedimentos destinados a análise de proporções. Neste ramo havia uma separação entre obras destinadas a artesãos e operários como já dito anteriormente.

Estas atividades interagem não só com a Química (o próprio processo metalúrgico, a purificação dos metais, obtenção de substâncias derivadas de metais e de outros minerais testes para identificação e determinação do grau de pureza) mas também com a Tecnologia (os procedimentos de mineração

propriamente, em galerias e poços; a retirada do material, ventilação, controle de infiltração da água, problemas de transporte, etc.) (MAAR, 2008, p. 268).

Entre os estudiosos mencionados anteriormente, sem dúvida neste período merece destaque o trabalho de Georg Agricola (1494-1555), por ser um dos mais importantes metalurgistas e o iniciador da abordagem empírica da natureza. Ele foi o primeiro, que partiu exclusivamente de experimentos e dados empíricos, sem levar em consideração as especulações teóricas anteriores. Suas considerações sobre calcinação influenciaram fortemente os trabalhos posteriores de Stahl, já que foi Agricola o primeiro a observar e relatar o aumento de peso na calcinação dos metais (MAAR, 2008).

Muitos outros trabalhos sucessores certamente contribuíram para a formação das ciências. Podemos usar como destaque do século XVII os trabalhos do médico William Gilbert (1544-1603) cuja obra intitulada “*De magnete*” (1600), é universalmente reconhecido como o fundador da ciência moderna do magnetismo e apresentou o primeiro exemplo da ciência experimental moderna em ação (WESTFALL, 2001).

“Gilbert assumiu a função de separar os fatos das lendas e estabelecer, através de investigação experimental, a verdade acerca da acção magnética” (WESTFALL, 2001, p. 23), assim, ele procurou uma nova maneira de proceder na busca da revelação dos segredos da natureza.

O *De Magnete* apresentava uma série de experimentos cujos procedimentos eram descritos de forma bastante detalhada. Para indicar novas descobertas e os experimentos, foram utilizados pequenos e grandes asteriscos nas margens das páginas[...] No desenvolvimento dos capítulos do *De Magnete*, pode-se perceber a preocupação de Gilbert em descrever os experimentos de forma a associar às observações um debate em torno das concepções de vários estudiosos. Uma ciência baseada na informação adquirida através dos sentidos foi tida como nova por Gilbert, com argumentações e hipóteses que, muitas vezes, se apresentavam como de difícil aceitação, em função da divergência em relação à opinião geral. (MAGALHÃES, 2006, p. 96;106).

Segundo Westfall (2001), a geração que iniciou a “revolução científica” representada por Gilbert e seus sucessores, expressava uma filosofia da natureza dominante, que tem sido designada por um naturalismo renascentista, acreditando no universo de maneira animista e no homem da ciência como o “cientista- mágico”, aquele que entende e domina os poderes da natureza.

Para Maar (2008),

O século XVI foi um século de história conturbada e de uma atividade científica conturbada, presa ainda à autoridade clássica e dela libertando-se pela autoridade

superior do fato empírico concreto. [...] situam-se no século que discutimos os primórdios de áreas Químicas como a Química Inorgânica [...] a Química Analítica [...] a Química Orgânica[...] e a própria Tecnologia Química (MAAR, 2008, p. 300-301).

Em união à este novo despontar da Química estavam, o enquadramento teórico necessário para substituir a Alquimia e o aperfeiçoamento das artes práticas, materiais, equipamentos e processos, que conceberam maior independência no século XVII.

Para Maar (2008),

A Química do século XVII é uma Química em busca de um **princípio unificador**, afinal encontrado no século seguinte, e que permitisse avaliar de acordo com uma mesma **teoria geral** fenômenos tão diversos como respiração, combustão, calcinação, fermentação, conversão de minérios em metais e obtenção de substâncias Químicas a partir destes metais, hoje todos considerados fenômenos nitidamente químicos, mas na época associados mais à medicina, às técnicas práticas, à filosofia natural. Como todos estes fenômenos estão associados à matéria de uma forma ou de outra, eles estão associados à estrutura da matéria e às transformações da matéria, e uma teoria que os explicasse passa por uma teoria da matéria (MAAR, 2008, p. 310-311, *grifos do autor*)

A Ciência no século XVII sai em busca portanto de um modelo que preveja todos os fenômenos naturais, tendo enraizada em si uma forte influência barroca, que permite oscilações entre dois polos opostos como o sublime e espiritual ou ainda o profano-carnal. Espera-se uma superação de ideias míticas por fatuais e o fim da crença mágica, o cientista barroco olha para seu objeto de investigação de acordo com um conjunto de critérios necessários para sua interpretação (MAAR, 2008).

Neste período surgem as primeiras preocupações com história da Química e há a institucionalização da Ciência e com ela a institucionalização da disciplina Química nas Universidades da Europa, América e Ásia e nas Academias de Ciências, locais destinados a divulgação e desenvolvimento de pesquisas mais atuais. São exemplos de Academias Científicas, a *Royal Society of London for the Promotion of Natural Science*, a *Académie Royale des Sciences* de Paris e a *Academia Real de Ciências da Prússia* (MAAR, 2008).

Um exemplo de cientista cujo trabalho fez a ponte entre Alquimia e Química, atuante na primeira metade do século XVII é Johann Baptist van Helmont (1577-1644). Compete a ele uma das primeiras definições para o gás carbônico obtidos em algumas reações Químicas, o nome *gás silvestre* foi concebido diante de seus estudos sobre gases (precursores a Química pneumática).

Helmont também foi precursor dos principais estudos sobre composição e proporção de matéria, sendo sua famosa “experiência do Salgueiro”<sup>17</sup> o primeiro experimento planejado e a primeira manifestação do empirismo mecanicista que se tem registro.

Ao iniciarmos a apresentação de Helmont dissemos que ele foi um dos que contribuíram para a separação Alquimia Química, mas devemos levar em consideração que, mesmo tendo sua percentagem de contribuição para esta divisão, seu pensamento não fora totalmente moderno.

Segundo Porto (2002), Van Helmont não escreveu um tratado sobre matéria médica e farmácia, evitando assim que a leitura de seu texto viesse substituir as investigações de laboratório, uma vez que para ele

O trabalho prático era fundamental para a obtenção do conhecimento sobre a matéria e sobre o Universo em geral. Mais importante até do que ler os livros era operar sobre a matéria, pois somente do contato entre a mente e a operação é que se obteria o verdadeiro conhecimento. A diferença é que as experiências descritas por Van Helmont estão relacionadas com aspectos mais gerais e fundantes de suas teorias e muito pouco com a questão particular da preparação de remédios (PORTO, 2002, p. 94-95)

A medida que se caminha para a segunda metade do século XVII, outros nomes surgem no cenário da experimentação, entre eles está Giambattista Della Porta (1535-1615). Segundo Saito,

Na segunda metade do século XVII, os instrumentos e os aparatos utilizados para investigar a natureza passaram a ser concebidos como auxílios para melhorar a percepção. O uso de aparatos e de instrumentos possibilitou aos investigadores da natureza no século XVII observar o mundo por meios extraordinários, capacitando-os a “olhar para fora e olhar para dentro” da natureza (SAITO, 2011, p. 17).

No século XVI, a percepção era definida na relação entre a visão e o visível. Isso porque a confiança na visão estava diretamente relacionada ao gênero daquilo que era percebido. Desse modo,

Se a visão percebia aquilo que particularmente era ajustado para perceber, ou seja, a coisa visível, que era sua própria sensibilidade e seu próprio objeto, então a vista não errava. Além disso, havia a convicção de que todo conhecimento da natureza começava pelos sentidos, inclusive o conhecimento intelectual, e terminava na apreensão das formas abstratas[...] Assim o olhar não poderia ser

---

<sup>17</sup> Helmont plantou uma muda de salgueiro de peso conhecido num vaso contendo um peso conhecido de terra, coberto por um dispositivo que impedisse qualquer contaminação; regou o vaso durante cinco anos exclusivamente com água destilada ou água de chuva. A planta cresceu sem que houvesse perda de terra, e concluiu Helmont que tendo sido a água o único “alimento” fornecido à planta, a matéria primordial “água” se converteu nas substâncias componentes da planta; esta, se queimada, dá origem às cinzas, que assim também se originam da água (MAAR, 2008, p. 329).

mais fiel e mais verdadeiro, pois “ver bem” significava “ver as coisas exatamente onde elas estavam e tal como elas eram” (SAITO, 2011, p. 156-157).

Sendo assim, a experiência entre os séculos XVI e XVII estava relacionada à necessidade de mapear a totalidade da natureza. Seja através dos sentidos, observações a olho nu ou através de aparelhos, ou de relatos e reflexões de outros acerca do natural, “o mapeamento da natureza portanto, não implicava apenas a descrição dos fenômenos naturais, mas o registro das diferenças e das semelhanças no comportamento das várias coisas encontradas na natureza” (SAITO, 2011, p. 34-35).

A natureza era, assim, um livro aberto para quem tivesse vontade, paciência e capacidade de lê-lo. [...] ela estava escrita em uma linguagem criptografada. O mundo era um imenso sistema de signos perfeitamente dispostos nas várias ordens da natureza. Por conseguinte, para capturar as qualidades ocultas, era necessário saber decifrar tais signos, o que era possível somente depois de encontrar a chave que permitia decodificá-los por meio de um levantamento de todas as “paixões”, ou seja [...] de todas as afinidades entre as coisas (SAITO, 2011, p. 45).

Saito (2011), ainda destaca que no trabalho de Della Porta fazia referências ao vácuo,

O *horror vacui* não era um mero princípio abstrato, mas uma vis que procurava conservar a natureza (e, conseqüentemente, todo o universo) em sua totalidade e plenitude. Para tanto, essa força conservadora agia Sobre a natureza produzindo fenômenos contrários a ela, mas não para constrangê-la. A vis agia sobre as coisas na natureza para restaurá-la à sua condição original, de modo a manter todo universo em harmonia. Desse modo, os vários experimentos apresentados por Della Porta[...]que tratam da hidrostática e da pneumática, não procuravam provar o princípio de que a natureza resistia à formação de um vácuo. Pelo contrário, tais experimentos foram apresentados de modo a mostrar como se servir do *horror vacui* para finalidades mais práticas e proveitosas ao homem. Com essa vis restauradora e conservadora era possível por exemplo, elevar a água a grandes altitudes, construir relógios d’água e até mesmo fabricar certos tipos de armas que dispensavam o uso do fogo para dispará-las (SAITO, 2011, p. 58).

O vácuo foi tema amplamente discutido na época, tanto por estudiosos que se embasavam na experiência para suas explicações como os que a dispensavam. Um exemplo de estudioso contrário à experimentação e que realizou estudos sobre o vácuo é Descartes (1596-1650).

Para ele a “pedra angular de toda a construção da filosofia da natureza era a afirmação de que a realidade física não é de modo algum semelhante às aparências reveladas pelas sensações” (WESTFALL, 2001, p. 37). Por isso a ciência necessita de

explicações que, para o pensamento cartesiano, significa propor um retrato para além da experiência.

Mesmo não contribuindo diretamente com a experimentação, uma de suas explicações foi a precursora da teoria mais discutida; que para muitos significou a verdadeira revolução Química; a questão do vácuo.

Para Descartes, o movimento circular tinha papel central na filosofia da natureza. Assim, ele entendia o Universo como um espaço pleno preenchido com matéria e, para ele, o vácuo não podia existir, somente poderia existir,

O éter de Descartes, que não é o éter dos químicos mas uma hipótese física, é necessário para uma explicação física mecanicista das propriedades da luz, da eletricidade e do magnetismo[...] Este éter permeia absolutamente toda a matéria e todo o espaço e caracteriza-se por: imponderabilidade; é transparente; não oferece atrito; não pode ser detectado com recursos químicos e físicos (MAAR, 2008, p. 354).

Se fizermos um salto para o ano de 1661 chegaremos a data em que Robert Boyle (1627-1691) publicou seu principal livro “*O Químico Cético*” considerado pioneiro em Química Moderna do século XVII (MAAR, 2008).

Antes de abordar as considerações de Boyle e seus colaboradores sobre o vácuo, é importante salientar que Boyle situa-se entre os grandes cientistas do século XVII, pois defendia que a Química deveria ser estudada de maneira particular e não somente atrelada a conhecimentos médicos e mistérios alquímicos. Usava de um método experimental rigoroso para obter suas conclusões e apresentou uma definição de elemento químico<sup>18</sup> clara desbancando a ideia de elemento de Aristóteles e Paracelso através da experimentação (WESTFALL, 2001).

Boyle empenhou-se em, “livrar a Química de todas as conotações animistas e alquimistas, estabeleceu para ela uma metodologia tão rigidamente empírica que nem sequer chegou a ventilar a possibilidade de um papel para a matemática ou a lógica na Química” (MAAR, 2008, p. 359).

---

<sup>18</sup> Robert Boyle apresentou seu conceito de elemento no apêndice do “*Químico Cético*”: “Elementos são certos corpos perfeitamente puros [= não misturados], primitivos e simples, e não feitos de nenhum corpo, nem um do outro; são os ingredientes dos quais são feitos diretamente todos os corpos chamados de combinados, e nos quais esses corpos por fim decompõem-se-ão” (Boyle, R. “*The Sceptical Chymist*” pp. 226-230. Partington, J. R. *op. cit.*, p. 397; Leicester, J. M. *op. cit.*, p. 115 *apud* MAAR, 2008, p.367.)

Segundo o estudo de Zaterka (2001), Boyle pretendeu fundar uma história da natureza experimental, baseada na construção de novas teorias sobre os ombros da experimentação. Assim a Química teria o papel principal diante da imensidão da natureza.

Ele também estudou a natureza por acreditar que realizar estudos neste sentido é uma das obrigatoriedades do cristão, visto que em suas ideias, “a natureza é um “mecanismo de relógio” criado e mantido em funcionamento por Deus, de acordo com leis que podem ser estudadas pela Ciência” (MAAR, 2008, p. 363).

Segundo Zaterka (2006), para Boyle

Estudar o livro da natureza é, acima de tudo, compreender a manifestação de um agente criador completamente livre. Dessa perspectiva, é impossível pensarmos numa concepção de ciência *a priori*, pois uma razão humana *a priori* nunca poderia abarcar todos os efeitos divinos. Para Boyle como conhecemos muito pouco *a priori*, a observação e, portanto, a experimentação, são chaves para se construir uma ciência, ou melhor, uma *história experimental da natureza* (ZATERKA, 2006, p. 167. Grifos do autor).

De maneira geral os estudos de Boyle centraram-se em considerações sobre o conceito de elemento, estudos sobre gases, experimentos sobre combustão e calcinação.

Os estudos sobre gases e conseqüentemente os experimentos sobre combustão e calcinação foram responsáveis por continuar as investigações sobre a possível existência do vácuo propostos anteriormente por Descartes. Segundo Maar (2008),

Os experimentos de Boyle sobre gases envolvem outras descobertas de outros cientistas: o **vácuo** ocupa um papel central nestes experimentos. Um discutido e pouco aceito conceito teórico, o vácuo passou a ser uma realidade com a descoberta experimental do vácuo em 1643 por **Evangelista Torricelli** [...] Torricelli inverteu um longo tubo preenchido com mercúrio numa cuba também contendo mercúrio, e a parte do mercúrio do tubo escorreu, parte permaneceu: descobriu ele que acima do mercúrio escorrido formava-se um “vácuo” [...] A constatação da existência real do vácuo mereceu a atenção dos pesquisadores da época, entre eles **Otto von Guericke** [...] inventou a bomba de vácuo, com a qual criou um vácuo parcial [...] Em 1654 demonstrou que [...] duas semiesferas de 35 cm de diâmetro, com vácuo entre elas, não puderam ser separadas nem pela força de vários cavalos (MAAR, 2008, p. 368-369).

O assistente de Guericke, Robert Hooke, aperfeiçoou a bomba de vácuo que Boyle utilizou em seus estudos sobre os efeitos de pressão sobre o ar. Assim o “vazio” obtido com a bomba de Hooke foi chamado de *vacuum boylianum* (MAAR, 2008).

Os estudos sobre os efeitos de pressão sobre o ar usando a bomba de vácuo deram origem ao que atualmente chamamos de Lei de Boyle. A partir de seus dados

experimentais Boyle constatou que a pressão é inversamente proporcional ao volume de um gás. Deve-se ter em mente que para chegar a estes resultados, foram necessários vários estudiosos em uma criação coletiva de ideias científicas.

Em outros experimentos usando as reações de combustão e calcinação, Boyle faz as primeiras observações sobre os gases formados na combustão e ao aumento do peso quando um metal é calcinado, fator que será foco de nossas considerações mais adiante.

Mesmo não dando continuidade a estes estudos, Boyle teve uma “importância vital para a sistematização da Química Inorgânica, que no século XVII deixou de ser um conjunto desconexo de dados sobre substâncias, para converter-se num conjunto de reações e propriedades de alguma forma interligadas” (MAAR, 2008, p. 377), mesmo por vezes não vendo motivos concretos para questionar os objetivos dos alquimistas e acreditando em uma possível transmutação de metais.

Segundo Alfonso-Goldfarb (1987), o trabalho de Boyle esteve entre as primeiras tentativas ou brechas entre a “filosofia-natural” e a “Química-alquímica” na qual tentou-se talvez de uma forma totalmente original acoplar-se a teorização racional da filosofia natural à prática experimental secular dos alquimistas.

A obra de Boyle caracterizou-se pela luta entre as duas visões de mundo, que durante muito tempo detinham o controle da Química. Assim,

A obra de Boyle deve ser tomada como característica de uma época na qual esta se havia deflagrado com suas consequências irreversíveis, e como pioneira no sentido de ter conseguido, apesar de suas falhas, abrir espaço para a nova ciência diante de uma das mais antigas muralhas: a alquimia (ALFONSO-GOLDFARB, 1987, p. 224).

Diante desta reunião de fatos históricos, podemos dizer que os homens da ciência e da Química do século XVII atingiram sua independência mesmo com as raízes fixadas levemente na alquimia, raízes que mais adiante, no século XVIII, foram ceifadas pois a Química deste século, segundo Maar (2008) e Bensaude-Vicent e Stengers (1992), alcança a maioridade.

Assim, podemos concluir naturalmente que todas as correntes de pensamento do mundo antigo influenciaram a Química moderna,

O alquimista teria sido a figura que no passado melhor se sucedeu na busca à chamada “individualização”, ou autoconhecimento, através do qual o ser humano se integra ao cosmo, desta forma a alquimia não seria somente um

estudo da ciência da matéria, mas também, em contrapartida, tampouco era apenas uma iniciação mística espiritual. Tratava-se, portanto, de uma cosmologia, ou uma forma de conhecimento do mundo [...] O caráter holístico e místico desta irá romper-se para dar lugar à interpretação quantitativa e mecanística do mundo e da matéria.(ALFONSO-GOLDFARB, 1987, p. 233-234).

Apesar de tendermos a comparar os trabalhos dos alquimistas e dos químicos, e

Ainda que grande parte da nomenclatura, dos equipamentos e dos processos de manipulação sejam aparentemente os mesmos, a maneira e o objetivo de sua utilização serão tão diferentes para um alquimista e para um químico, que a mesma solução salina, o mesmo ácido usado por um e por outro será conceitualmente distinto, como o próprio conceito de “experimental” o era (ALFONSO-GOLDFARB, 1987, p. 237).

Segundo Alfonso-Goldfarb, foram contingências muito particulares do final da Idade Média e início da Renascença que provocaram a mudança de pensamento do homem em relação a natureza, a partir do momento em que o homem passa a nova visão do universo-máquina, ele se transforma em observador ou manipulador de seu gigantesco mecanismo, abandonando a mística e a magia.

O século XVIII traz à tona uma Química racional baseada no empirismo fortemente ligado aos diferentes dados empíricos, permitindo aos químicos montar um esquema envolvendo um conjunto de reações de certa forma interligadas num *corpus* de conhecimento.

Na historiografia ortodoxa o século XVIII é o século da “Revolução Química” de Lavoisier, cujo “*Traité Élémentaire de Chimie*” (1789) assinalaria o nascimento da Química moderna, racional, e representaria para a Química o que os “*Principia*” de Newton representam para a Física. Se admitirmos hoje que a Física moderna não nasceu com Newton, também a óptica segundo a qual encaramos o “*Traité Élémentaire*” já não é mais a mesma (MAAR, 2008, p. 412).

Apesar de considerarmos o trabalho de sistematização da Química muito importante, concordamos com Maar (2008) sobre não abandonar toda as pesquisas dos químicos anteriores a Lavoisier, considerando a contribuição de todos os outros estudiosos da alquimia e da filosofia natural como positiva para o desenrolar da Química moderna, principalmente no campo da experimentação.

Assim, a ideia de Revolução Química trazida por Bensaude-Vicent e Stengers (1992), passa a ser substituída pela ideia de Evolução Química, já que podemos encarar cada contribuição ao longo da história importante para o que se conhece na atualidade.

Maar (2008) cita doze características que passam a fazer parte do cotidiano dos químicos a partir do século XVIII, entre elas estão:

1. A formulação de um teoria geral dos fenômenos químicos.
2. A codificação racional de teorias esparsas como a da afinidade Química.
3. A ligação entre a Química e outras ciências.
4. A matematização da Química.
5. O desenvolvimento da Química Pneumática.
6. O crescimento de fatos empíricos (substâncias, propriedades e reações) orientados pelo método organizado e racional da pesquisa Química.
7. Surgimento da Tecnologia Química e da disciplina no ensino universitário.
8. O início da sistematização de Lavoisier
9. Estudos iniciais de compostos orgânicos.
10. Estudos iniciais de Físico-Química.
11. Fundação dos primeiros periódicos destinados a publicações em Química.
12. Após consolidação a Química passa a ser vista como auxiliar não somente aos estudos em medicina mas em metalurgia e tecnologia para outras ciências.

No quesito experimentação, nunca se teve uma atividade tão intensa em laboratórios como no século XVIII. Segundo Maar (2008), neste período muitas novas substâncias foram descobertas, além de atribuir-se novas propriedades à antigas e novas substâncias, bem como desenvolveram-se novos procedimentos e equipamentos de laboratório para refinar os métodos de obtenção e purificação de substâncias.

Apesar do intenso uso da experimentação até o século XIX, não havia uma distinção muito clara entre os termos observação, experiência e experimento e por isso estes termos não são usados com exclusividade nestas obras (PRESTES, 2006).

Ao analisar algumas obras, Prestes (2006) afirma ser necessário ao observador/experimentador do século XVIII: usar de estruturas recorrentes para análise, usar instrumentos para facilitar a visualização, manipular o observado para melhor desvelar os segredos nele contidos, estudar a respeito daquilo que se quer observar/experimentar para assim nortear melhor as observações, ser persistente, seguir uma ordem pré definida de passos a serem observados para melhor exatidão, fazer muitas repetições, controlar as variáveis e sempre tomar nota das observações para posteriores comparações.

Em geral, acredita-se que as pesquisas em Química neste século tiveram embasamento nessas orientações e foram realizadas em diferentes instâncias, já que em virtude de um grande conservadorismo, as universidades entraram em estagnação. Assim a grosso modo podemos dizer que a pesquisa em Química se desenvolveu principalmente em instituições oficiais formais de pesquisa e em laboratórios de caráter privado, industriais e farmacêuticos,

No período de 1700 a 1789, descobriu-se 17 novos elementos. Contribuíram para este feito o aprimoramento de métodos analíticos, o uso de recursos extra químicos, como descargas elétricas, máquinas eletrostáticas, por exemplo, e devido ao aprimoramento da Química Pneumática, novos procedimentos de coleta de gases.

Aliada à ideia de experimentação está a teoria que mais tarde serviu de base para o embate considerado “Revolucionário” para a Química do século XVIII, abramos um parêntese para falar da teoria do flogisto, que culminou em uma maior sistematização e aperfeiçoamento dos estudos em Química, tanto na questão teórica como na experimental, e sua sucessora minuciosamente descrita anos mais tarde por Lavoisier em seu Tratado Elementar.

## SEÇÃO 1 A TEORIA DO FLOGISTO E O TRABALHO EXPERIMENTAL.

No livro *Historical Studies on the Phlogiston Theory*, de 1981, os pesquisadores J. R. Partington e D. McKie, fazem um resgate bem estruturado sobre a teoria do flogisto. Segundo eles, os vários problemas em sua interpretação se devem a informações incompletas e levianas sobre o flogisto.

Sem entrar em maiores detalhes do estudo de Partington e McKie (1981) podemos dizer que a procura por uma explicação para o aumento do peso durante a calcinação de metais sempre esteve entre os objetivos de várias correntes filosóficas e seus pesquisadores como se pode ver no primeiro artigo destes autores datado de 1937, intitulado *Estudos históricos sobre a teoria do flogisto. A levandade do flogisto (tradução nossa)*.

Pensar sobre o flogisto é tão recorrente que já atribuiu-se a Aristóteles as primeiras interpretações sobre o flogisto através do princípio do fogo da teoria dos quatro elementos. De lá para o século XVIII, quando surgem as primeiras teorias de Priestley, muito se admitiu e negou sobre o flogisto.

Para Maar (2008), a teoria do flogisto surge do conceito de afinidade, este conceito é tratado por alguns historiadores como “Guédon (1976), Partington (1962), U.Klein (1994)” (Holmes, 1996, p.289-311 *apud* Maar, 2008, p. 452), como um dos pontos altos da teoria do século XVIII.

Na antiguidade, o conceito de afinidade era intuitivo e não bastava discutir a composição, origem e destino das coisas materiais, era preciso entender as transformações que com elas ocorriam, suas relações entre afinidade e aversão, para acompanhar as possíveis combinações entre os metais e substâncias

Na Idade Média, o conceito de afinidade implicava uma ideia de semelhanças. Foram feitos experimentos com diversos metais para listar quais possuíam mais afinidade com mercúrio, ou seja, reagiam mais facilmente.

No período mecanicista, supera-se a ideia de relações com explicações animistas que algumas correntes filosóficas atribuíam aos metais e substâncias, passando-se a explicar a afinidade através de determinações experimentais para saber quais substâncias

se atraem e quais se repelem, investigando matematicamente estas relações e estudando as causas das atrações ou repulsões.

No século XVIII são ordenadas as primeiras tabelas de afinidades, que relacionavam as substâncias e suas capacidades de reação. A confecção dessas tabelas se deu por meio de intensa experimentação e coleta de dados (MAAR, 2008).

À medida que o conceito de Afinidade evoluiu a ideia de uma “substância” combinando-se com outra traz à tona de modo cada vez mais claro outra ideia a esclarecer, a de que esta combinação se dá de uma maneira explicável: ou seja, quando duas substâncias se combinam, combinam-se de alguma, forma, isto é, exibem algum tipo de ligação entre elas (MAAR, 2008, p. 468).

Como fizemos referência, concordamos também com Bensaude-Vicent e Stengers (1992), e acreditamos que a teoria do flogisto surgiu devido ao conceito de afinidade Química, pois a mesma necessidade de se combinar substâncias deu origem à necessidade de se combinar o metal ao flogisto na combustão/calцинаção, para se observar e explicar os dados experimentais.

Segundo os estudos de Partington e McKie (1981) e Maar (2008), durante a evolução da Química dos primórdios até os tempos de Lavoisier, foram dadas diversas explicações para o fenômeno da combustão, a saber,

a) Liberação do elemento fogo; b) Queima do conteúdo em enxofre; c) Combinação com o elemento ou princípio do fogo; d) Combinação com um componente do ar e de outros materiais comburentes; e) Participação simultânea de fogo e ar; f) Combinação com o oxigênio (MAAR, 2008, p. 470).

A combustão e a calcinação foi ao longo do processo histórico sendo exaustivamente discutida. Provavelmente milhares de alquimistas tiveram contato com o gás que hoje chamamos de oxigênio durante suas práticas de laboratório e ateliê, mesmo o princípio do que hoje chamamos de gás oxigênio foi isolado antes de Lavoisier por Scheele, que isolou e caracterizou o gás por onze maneiras diferentes.

Para Maar (2008),

A exposição da teoria do flogisto exige, além da exposição de suas hipóteses e linhas de raciocínio, sua coerência interna, suas falhas e consequências, a destruição de uma série de preconceitos ditos a seu respeito, não é uma teoria formulada por uma mente nebulosa, não é uma confusão de ideias surgidas do improvido e do acaso. É ela um produto do século XVIII, como o foram o calórico, as “partículas” de luz e os corpúsculos responsáveis pela eletricidade e magnetismo, e mesmo a homeopatia (MAAR, 2008, p. 486).

Para não nos estendermos ainda mais pelos caminhos do processo histórico, admitiremos como personagens principais envolvidos na história da teoria do flogisto: Becher, Stahl, Scheele, Bergman, Black, Cavendish e Priestley. Assim cientes do recorte iniciaremos nossa história sobre a teoria do flogisto em 1669, ano em que Johann Joachim Becher (1635-1682) publica o *Physica Subterraneae*.

Considera-se o *Physica Subterraneae* a obra que fundamentou a primeira teoria Química capaz de descrever as reações de combustão. Para Becher, a matéria era constituída por três elementos: ar, água e terra. A terra por sua vez, poderia ser classificada de três diferentes formas: *terra vitrificável*, fluída e presente em materiais vítreos; *terra pinguis*, uma terra oleosa e inflamável, que estava presente em todas as substâncias inflamáveis; *terra mercurial*, um tipo de fluido volátil. Portanto, para um determinado objeto queimar, era necessário que este tivesse em sua constituição certa quantidade de *terra pinguis* (MAAR, 2008).

Becher percebe que,

A manutenção de princípios “teóricos” não se sustenta geralmente diante dos fatos empíricos observados; e com relação ao fatos empíricos, verificou ele que a maioria das substâncias que queimam não contém enxofre (enxofre agora entendido como substância real), e o enxofre não pode ser responsabilizado, em nível concreto pela combustibilidade dos materiais. Substituiu-o então pela *terra pinguis* (=terra gordurosa ou graxa) como princípio da inflamabilidade. A proposta desta *terra pinguis* não é, pois, um ditame nebuloso ou místico, mas derivada de uma dedução tirada de fatos empíricos (MAAR, 2008, p. 490).

O nome *terra pinguis* foi substituído por Becher por flogisto, que em grego significa inflamar-se. Segundo Maar (2008), para Becher, o flogisto era uma espécie Química que possuía peso e propriedades definidas.

Por outro lado, Georg Ernst Stahl (1660–1734) reconheceu a importância da obra de Becher, tanto que analisou e reeditou seu principal livro, adicionando uma série de críticas e comentários sob o título de *Specimen Beccherianum*. Esta obra se tornou os preceitos sobre a teoria do flogisto (GREENBERG, 2009).

Há de se destacar que as publicações de Stahl eram por vezes difíceis de se entender, visto que possuíam uma linguagem que oscilava entre alemão arcaico e latim (BESAUNDE-VICENT; STENGERS, 1992). De acordo com Bensaude-Vicent e Stengers (1992), o verdadeiro difusor da teoria do flogisto foi Guillaume François Rouelle (1703-1770), farmacêutico francês e seguidor de Stahl.

Rouelle foi o principal e mais fiel intérprete das obras escritas por Stahl, portanto foi o responsável por rearticular sua teoria (que concebia o fogo como instrumento e o flogisto como terra *pinguis*), disseminando a teoria do flogisto na França em meados do século XVIII. Na interpretação de Rouelle para as obras de Stahl aceitava-se a ideia de que o flogisto estivesse presente nos metais e materiais combustíveis, sendo liberado no momento da queima ou da calcinação. Usando a notação atual, as reações de calcinação poderiam ser representadas da seguinte maneira:



Este processo poderia ser revertido, tratando a *calx* (conhecida atualmente como o óxido do metal) com materiais ricos em flogisto. A importância geral dessa teoria, a primeira teoria Química a ser adotada e aceita em toda Europa, se faz por contemplar e explicar, de maneira mais ou menos satisfatória, diversos fenômenos anteriormente isolados, como a combustão, calcinação, respiração (uma perda de flogisto pelo corpo), fermentação e as reações de oxirredução (MAAR, 1999).

Diante desse extenso quadro explicativo, a interpretação de Rouelle para a teoria de Stahl permitiu que muitos trabalhos e descobertas Químicas fossem realizadas, seja na Química laboratorial, na metalurgia ou na indústria. Dessa forma, pode-se dizer que a estruturação de uma teoria tão abrangente e disseminada na comunidade científica permitiu que os químicos se organizassem e trabalhassem, pela primeira vez, em uma mesma estrutura lógica, seja nos processos operacionais ou em um campo lexical próprio.

Dentre os estudos realizados, os aspectos quantitativos da teoria do flogisto se destacaram, houveram também novas descobertas, que exigiram continuamente adaptações e a formulações de novas hipóteses e explicações para o flogisto, levando-o a adquirir uma instabilidade e complexidade que o levou mais tarde ao desmoronamento.

A ideia de “peso negativo” do flogisto começa a ganhar força como uma variante da teoria a partir da década de 1760, defendida independentemente por Joseph Black, Venel, que parece ter sido o primeiro a propor um flogístico com “peso negativo”, teoria que se pode chamar de teoria da “leveza absoluta” [...] Este flogístico de “peso negativo” não é atraído pela Terra mas é repelido, numa violação da lei da gravidade (MAAR, 2008, p. 507).

---

<sup>19</sup> Segundo a definição de Abraham (1998), *Calx*: produto da calcinação, pó, cinzas ou essência produzida por torrefação ou queima de metal ou mineral; a terra filosófica, o corpo da Pedra.

Os estudiosos que seguiam os preceitos da teoria flogística estavam espalhados por toda a Europa, havendo registros de trabalho em grupos alemães, holandeses, suecos e franceses.

Merecem destaque, pela forma como abordavam as questões experimentais, o trabalho do alemão, Andreas Sigismund Marggraf (1709-1782). Sua abordagem experimental fora tão minuciosa que compete a ele o desenvolvimento sistemático da Química analítica. Segundo Maar (2008), “Marggraf foi um flogistonista convicto e não arriscou arroubos mais arrojados no campo teórico, mas sua Química experimental foi de excepcional qualidade, tanto no rigor do trabalho de laboratório como no relato dos dados empíricos” (MAAR, 2008, p. 557).

Entre os suecos destacam-se, Carl Wilhem Scheele (1742-1786) e Torben Olof Bergman (1735-1784), este último, grande defensor da experimentação, afirmava que a análise Química tem

Por finalidade a busca da verdade, e as análises devem ser realizadas com o máximo rigor possível, Os dados analíticos já disponíveis devem ser revistos com o máximo de isenção. A análise dos constituintes de um composto não deve basear-se em comparações, mas em identificações independentes em cada caso. Para tanto os métodos por “via úmica” são mais recomendados (STILLMAN, J. M., *op. cit.*, pp. 445-446 apud MAAR, 2008, p. 557).

Já, Scheele pode ser considerado o mais notável químico experimental do século XVIII. Especula-se que sua morte precoce esteve associada ao número de experimentos realizados para detectar as substâncias e suas propriedades. Já que nesta época era comum passar a substância estudada a testes de olfato e paladar, acredita-se que ele tenha morrido por intoxicação devido ao seu trabalho intenso.

Segundo Maar (2008), ao estudar a composição do fogo, Scheele percebeu a necessidade de se estudar a composição do ar, assim, as referências ao ar partiram da ideia flogística de que o combustível é a união entre um ácido e flogisto,

O experimento para confirmar esta reação se baseava em realizar a queima de uma quantidade de ar com materiais com grande tendência de liberar flogisto, como o enxofre por exemplo. Acreditava-se que,

O flogístico liberado pela queima dessas substâncias tem maior afinidade pelo ar, combinando-se com ele. Ocorria um decréscimo de volume de cerca de 20% no ar sob a campânula, explicável admitindo que o flogístico das substâncias queimadas absorve uma parte (= um componente) do ar atmosférico. Ao “ar”

consumido na combustão deu-se o nome de “ar do fogo” (*Feuerluft*) (MAAR, 2008, p. 597).

Com estes estudos Scheele pode concluir que o ar atmosférico era uma mistura composta de dois componentes, o “ar do fogo” (*Feuerluft*) que tinha a capacidade de se combinar com o flogisto e o “ar gasto” (*Verdobene Luft*) que não tinha a capacidade de se combinar ao flogisto. Seguindo esta linha de pensamento o calor era visto por Scheele como a combinação de ar de fogo (do ar) e de flogístico, liberado pelo material queimado. “Resumindo: o flogístico liberado pelo material combustível se combina com um dos componentes do ar e escapa como calor. O componente do ar envolvido é o “ar de fogo”” (MAAR, 2008, p. 598).

Se por um lado as referências para o flogisto vinham dos trabalhos de Becher, Stahl, Marggraf, Bergman e Scheele, por outro desenvolviam-se ainda mais a Química Pneumática e a descoberta de novos elementos e novos “ares” por Joseph Priestley e antecessores como Joseph Black e seu círculo<sup>20</sup>.

Black dedicou parte de sua vida ao Ensino de Química, considerando a tarefa de ensinar tão digna quanto a de pesquisar. Para ensinar seus alunos dedicava parte de seu tempo em elaborar textos didáticos e experimentos ilustrativos e reunir o conhecimento científico produzido por outros, desta forma, seu círculo oscilava entre a presença de pesquisadores renomados e alunos recém formados.

Damos certo destaque à Química Pneumática pois no início dos trabalhos, os químicos não se interessavam muito pelos gases devido à dificuldade de se armazená-los, apesar de já usarem o *kerotakis*<sup>21</sup> para fazer suas reações entre sólidos e gases, o armazenamento dos gases obtidos nas reações era ainda muito primitivo e difícil de ser feito, além é claro da tendência de se trabalhar com soluções aquosas.

Joseph Black (1728-1799) foi o primeiro a considerar o “gás silvestre” de Helmont como um reagente em reações Químicas batizando-o de “ar fixo”, segundo Maar (2008), “as investigações dos químicos pneumaticistas são um clímax do empirismo do século

---

<sup>20</sup> Quando dizemos Joseph Black e seu círculo fazemos referência aos cientistas que trabalharam na mesma época que Black, assim faz-se necessário citar nomes como: Willian Cullen, Thomas Charles Hope, David Macbride, James Watt, Matthew Boulton, John Robison, Samuel Mitchill, John MacLean, Daniel Rutherford, Henry Cavendish, entre outros não citados aqui, mas que não são menos importantes.

<sup>21</sup> Trata-se de um dispositivo alquímico usado para aquecer substâncias e recolher os vapores. É um recipiente hermético com uma folha de cobre suspensa no topo. O uso de tais recipientes fechados nas artes herméticas levaram ao termo “hermeticamente fechada” (ABRAHAM, 1998).

XVIII” (MAAR, 2008, p. 614), no qual a Química dos gases era puramente experimental e as implicações teóricas só passam a ser importantes no contexto das discussões de Lavoisier.

Na Química dos “ares” destaca-se também a tese de doutoramento de Daniel Rutherford (1749-1819), aluno de Black que em 1772 apresentou a comunidade o “ar mefítico”, atualmente denominado nitrogênio, mais tarde chamado de azoto por Lavoisier. A característica principal do “ar mefítico” ou “azoto” é a de não sustentar a vida e provocar sufocamento de quem o respira.

Outro químico preocupado com a questão da experimentação desta época foi Henry Cavendish (1731-1810). Devido à sua personalidade, não divulgou seus trabalhos e, por isso, muitas vezes os tópicos estudados por ele se misturam aos de seus contemporâneos como Priestley e Lavoisier, principalmente em relação aos estudos sobre os gases, o ar atmosférico e a água. Segundo os que analisaram suas obras, se Cavendish tivesse publicado todos os seus estudos ele teria seu lugar garantido entre os grandes cientistas do seu tempo, desbancando alguns nomes como o próprio Lavoisier (MAAR, 2008).

Segundo Maar (2008), “a descoberta do hidrogênio, no sentido de caracterização identificação e diferenciação deste gás de outros gases, deve-se incontestavelmente a Henry Cavendish” (MAAR, 2008, p. 633). Ele investigou o “ar fixo” proposto por Black, desenvolveu técnicas e equipamentos para coleta de gases sobre água e mercúrio, além de técnicas para manipulação e transferência de gases.

Cavendish supôs que o flogístico fosse liberado pelos metais quando tratados com ácidos tornando-se o “ar inflamável”. Esquemáticamente teríamos que, o Metal era uma mistura de



Quando reagido com um Ácido, obteríamos um Sal,



Logo, o “ar inflamável” proposto por Cavendish era o próprio Flogisto. Além da crença no flogisto, que seria liberado do metal pela ação do ácido Cavendish constatou que, nas condições de concentração em que trabalhou, um aumento da quantidade de metal correspondia a um volume maior de ar inflamável produzido.

Para reforçar suas considerações, Cavendish desenvolveu experimentos quantitativos com gases, determinando suas densidades em relação ao ar<sup>22</sup>, chegando a valores de densidade como: “ar inflamável” densidade igual a 0,09, “ar atmosférico” densidade igual a 1,00 e “ar fixo” com densidade igual a 1,57 em relação ao ar (MAAR, 2008).

Sobre a composição do ar atmosférico, Cavendish foi pioneiro em usar descargas elétricas como técnica experimental,

Em linhas gerais a experiência, que comprova simultaneamente a composição do ar e a composição do “ácido nítrico” (NO<sub>2</sub>) [...] consiste em essencialmente no seguinte: ar atmosférico enriquecido com “ar desflogisticado” (= oxigênio) é submetido à ação de faíscas elétricas, e o ar formado na reação é recolhido sobre mercúrio; depois de absorvido por uma solução de potassa (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) observa-se um acréscimo no volume da mistura. Removendo o excesso de oxigênio acrescentado no início com *hepas sulfuris* (K<sub>2</sub>S), observa-se o desaparecimento quase total o ar inicial. Evaporando a solução obtida da reação da potassa com o gás formado na reação obtém-se salitre [...] Da interpretação do que ocorreu conclui-se que o “ar mefítico” (N<sub>2</sub>), e que o “ácido nítrico” (NO<sub>2</sub>) é um composto formado por esses gases (MAAR, 2008, p. 640).

Aliada às experiências com o ar atmosférico, Cavendish realizou experimentos semelhantes com a água, estes estudos sobre a composição da água ficaram conhecidos no final do século XVIII como “A controvérsia da água”.

Enquanto os dados de Priestley levavam a reação ar desflogisticado + ar inflamável sob faíscas elétricas gerariam água, os dados de Cavendish relatavam que haviam dois “ares” se combinando em proporções de 2,01: 1,0 em volume de maneira que para ele “a reação de “ar inflamável” com “ar desflogisticado” não forma água, mas esta pré-existe nos dois gases, de modo que a reação em pauta promove apenas uma redistribuição do flogístico” (MAAR, 2008, p. 643).

A “Controvérsia da Água” só foi resolvida anos depois com a nova sistematização e dos experimentos de decomposição de Meusnier e Lavoisier (MAAR, 2008).

O uso da eletricidade, introduzido na Química primeiramente por Cavendish, teve seus adeptos, dentre eles Joseph Priestley (1733-1804), que iniciou seus estudos sobre a condutividade dos materiais e ao longo dos estudos despertou interesse especial pela

---

<sup>22</sup> Os dados apresentados estão em Maar (2008), p. 636.

Química do Gases. Em suas observações usando o “ar fixo” e o “ar inflamável” conseguiu caracterizar 10 novos “ares”.

Atribui-se a Priestley a descoberta dos seguintes gases: os óxidos de Nitrogênio denominados “*espírito de nitro*”, “*ar nitroso*”, “*ar vermelho*”, o “*ar do ácido marinho*”, o “*ar desflogisticado*”, o “*ar alcalino*”, o “*ácido vitriólico volátil*”, o “*ar fluoro-ácido*” e o “*ar inflamável pesado*”.

Em resumo, no século XVIII foram descobertos e redescobertos alguns gases e todos os descobridores permaneceram fieis à teoria do flogisto para desenvolver seus trabalhos e obter estes resultados. No quadro 2 abaixo listamos em ordem cronológica a descoberta e redescoberta de alguns gases e seus respectivos descobridores. É importante salientar que esta tabela foi retirada da obra de Maar (2008) página 673.

**Quadro 2:** Lista de descobertas e (re)descoberta de alguns gases.

ANO	NOME	DESCOBRIDOR
1755	<i>Ar fixo</i>	Joseph Black
1766	<i>Ar inflamável</i>	Cavendish
1771	<i>Ar de fogo</i>	Scheele
1774	<i>Ar desflogisticado</i>	Priestley
1772	<i>Ar mefítico</i>	Daniel Rutherford
1772	<i>Ar nitroso</i>	Priestley
1772	<i>Vapor nitroso</i>	Priestley
1772	<i>Ar do ácido marinho</i>	Priestley
1773	<i>Ar alcalino</i>	Priestley
1774	<i>Ácido vitriólico volátil</i>	Priestley
1774	<i>Ar marinho desflogisticado</i>	Scheele
1774	<i>Ar fluoro-ácido</i>	Priestley/Scheele
1775	<i>Arsina</i>	Scheele
1775	<i>Gás dos pântanos</i>	Alessandro Volta
1776	<i>Ar nitroso desflogisticado</i>	Priestley
1777	<i>Ar sulfuroso fétido</i>	Scheele
1777	<i>Ácido fluorico</i>	Scheele
1781	<i>Ácido prússico</i>	Scheele
1783	<i>Fosfamina</i>	Gengebre (independente de Kirwan)
1787	Cloreto de cianogênio	Berthollet
1795	Hidrogeno carburetado pesado	Troostwyck
1800	Ar inflamável pesado	Cruikshank
1800	Fosfogênio	Cruikshank

**Fonte:** MAAR, 2008, p. 673.

Do outro lado da moeda haviam ainda outros pesquisadores, como por exemplo, Boerhaave e Hoffmann, que desenvolveram seus estudos não acreditando na teoria do flogisto mas em um “alimento do fogo” que ocuparia praticamente o lugar do flogístico.

Para eles, o ar teria um papel puramente mecânico na combustão. Havia também alguns trabalhos que despontaram tempos depois como é o caso da conservação de massa de Lomonossov.

Seria ingênuo deixar de lado as contribuições de Michail Vasilievitch Lomonossov (1711-1787), que apesar de não ter convivido com os ideais de Lavoisier, seus trabalhos se destacam como pioneiros em alguns pontos, entre eles a comprovação empírica da conservação da massa e por consequência a rejeição da teoria do flogisto. Não há uma divulgação extensa sobre as obras deste último estudioso apontado, mas acredita-se que o equilíbrio conseguido por Lavoisier em seu conjunto de estruturas de conhecimento, basearam-se nas considerações de flogistas e *anti*-flogistas.

Pode-se dizer que a Química proposta pela nova sistematização de Lavoisier é reflexo de duas principais necessidades, como Filgueiras (2007) mostra em sua obra *Lavoisier O estabelecimento da Química moderna*, que as atividades de Lavoisier tinham uma necessidade mais voltada para o utilitarismo. Por ser formado em direito e ter uma atividade voltada para a economia da França, a ciência de Lavoisier se desenvolveu ao redor da resolução de problemas, como os de iluminação das ruas e a produção de pólvora e salitre de melhor qualidade e mais rentável.

Para alguns estudiosos da história da ciência como Maar (2008) e Filgueiras (2007), a nova sistematização da Química proposta por Lavoisier não foi revolucionária, já que pode-se em seus escritos perceber traços de estudos muito anteriores flogistas e, até mesmo *anti*-flogistas.

Para não nos estendermos demais nesta seção destinada ao século XVIII, na próxima seção apresentaremos a “nova Química”, a proposição da nova teoria para as reações de combustão/calцинаção buscando salientar os contornos experimentais que levaram Lavoisier a nova sistematização da Química e a publicação do mais famoso manual do século XVIII, o *Tratado Elementar de Química*.

## **SEÇÃO 2 A QUÍMICA COMO UMA CIÊNCIA EXPERIMENTAL. CONSIDERAÇÕES DE UMA SISTEMATIZAÇÃO DA QUÍMICA MODERNA POR LAVOISIER**

Antes de iniciar a discussão sobre o trabalho de Lavoisier e sua contribuição para a experimentação, gostaríamos de levantar alguns aspectos importantes a serem discutidos quando se fala sobre a nova sistematização da Química do século XIX.

Maar (2008), levanta alguns pontos importantes a serem discutidos. Antes de numerá-los, gostaríamos de deixar claro aqui que compreendemos sua importância mas que o nosso objetivo ainda continua sendo o mesmo. Nesta seção queremos encontrar os contornos da experimentação no trabalho de Lavoisier e sua relação com a reação de combustão/calцинаção chegando às discussões sobre a composição do ar atmosférico.

Para Maar (2008) são considerações prévias quando se fala sobre o trabalho de Lavoisier e a sistematização da Química no Tratado:

1. O problema da combustão/calцинаção não era o problema crucial da Química do século XVIII, há autores que defendem que a teoria do oxigênio foi ao longo dos séculos supervalorizada, e que o foco central do século XIX foi o desenvolvimento do conceito analítico de elemento e o foco de Lavoisier era principalmente a teoria da acidez.
2. É uma visão simplista imaginar que o problema da Química anterior ao século XVIII era puramente qualitativo e após a sistematização passou-se a preocupar-se com os aspectos quantitativos. Em ambos períodos preocupava-se com as duas vertentes (MAAR, 2008).
3. A maneira como foi analisada a obra de Lavoisier, muitas vezes descontextualizada, impede que se observe a evolução do pensamento químico, dando a ideia de revolução, como apresentada por Bensaude-Vicent e Stengers (1992) numa visão filosófica de Kuhn, por exemplo.
4. Alguns fatores extra científicos tiveram grande influência na nova Química, dentre eles se destacam as questões patriotas. Até a nova sistematização de Lavoisier a Química era uma ciência secundária na França, após seus principais trabalhos e a proposição do abandono da teoria do flogisto, Lavoisier ganha o título de pai da Química e a Química passa a ser francesa; outra questão é a que

versa sobre os embates entre a filosofia e as tradições científicas. Para Maar (2008) “a vitória de Lavoisier não é a vitória da ciência francesa diante da ciência inglesa ou alemã, é a vitória do mecanicismo materialista frente a filosofia natural e certo universalismo do pensamento” (MAAR, 2008, p. 745).

5. Lewowicz (2011) ainda destaca em seu trabalho que Lavoisier pode não ter abandonado a teoria do flogisto mas a modificou, dando a ela o nome de calórico. Segundo esta autora, o calórico seria uma variação do flogisto, tendo em vista que ambas significavam (simplificadamente) “matéria do fogo” salvo que a concepção de flogisto de Stahl significava matéria do fogo fixa nos metais e a concepção de calórico representava para Lavoisier a matéria do fogo em transição podendo existir em estados livres e combinados.

Assim, nesta visão não pode-se reduzir o trabalho de Lavoisier a uma vitória sobre a ciência empírica, mecanicista ou racionalista, mas caracteriza uma abertura a novas fontes de pesquisa que representarão a realidade. Maar (2008) salienta ainda que “para fundar uma nova Química, Lavoisier delimitou o campo de atuação e interesse dessa ciência, retirando de seu campo de preocupação muitos aspectos” (MAAR, 2008, p. 764).

Maar (2008) concordam com a posição de Bensaude-Vicent e Stengers (1992), e apontam ainda que a Química de Lavoisier,

Funde presente, passado e futuro, que em nome da simplicidade, da racionalidade e da objetividade, cria uma Química mais simples, capaz de ser entendida, organizada, sistematizada e transmitida racionalmente; mas ao mesmo tempo uma Química mais pobre, mais limitada, e mesmo que isso pareça contraditório menos ambiciosa (BENSAUDE-VICENT e STENGERS, 1992, p. 131).

Dado este panorama do outro lado da moeda, voltamos ao nosso objetivo inicial, estudar a obra de Lavoisier buscando os contornos da experimentação para a nova Química. Começamos apresentando o principal personagem desta seção.

Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794) teve sua formação científica relativamente tardia. Visto que era formado em direito e desenvolvia alguns trabalhos em laboratório por conta própria, seu primeiro trabalho apresentado à Academia data de 1767, no qual ele publica um ensaio sobre o gesso. Na primeira fase dos trabalhos de Lavoisier há a preocupação em realizar estudos para resolver alguns problemas pontuais como a questão da iluminação noturna e a obtenção de pólvora e salitre mais eficientes (FILGUEIRAS, 2007).

Já nesta fase há o apontar da preocupação com as reações de combustão. Visto seu envolvimento com a questão da iluminação, salitre e pólvora, Lavoisier já observa o aumento do peso do fósforo, enxofre e metais após aquecimento, o aumento do peso até então era atribuído a uma quantidade significativa de ar fixado durante a combustão e que se combinava com os vapores (MAAR, 2008).

Entre estes estudos iniciais destacam-se também as investigações de Lavoisier e colaboradores usando pedras preciosas e diamantes. Nestes experimentos aquecia-se um diamante e observava-se sua transformação, ou seja a destruição do diamante<sup>23</sup>.

Segundo Maar (2008),

Lavoisier não só não foi original no aspecto experimental, mas também sua interpretação do conjunto de dados foi inicialmente falha. Embora vislumbrasse efetivamente a semelhança do que acontecia com os metais, os diamantes, o fósforo e o enxofre na combustão/calцинаção, acreditava que o responsável pelo aumento de peso fosse o ar como um todo. Sem os experimentos de Priestley e Scheele que levaram ao descobrimento do oxigênio, e com isso a evidência de ser o ar constituído por mais de uma substância, Lavoisier não teria ido adiante em sua teoria<sup>24</sup> (MAAR, 2008, p. 773).

Em uma segunda fase da experimentação de Lavoisier observa-se o afunilamento das investigações. A partir de 1774, os experimentos feitos por Lavoisier voltavam-se para as reações de combustão/calцинаção dos metais. Estes experimentos eram influenciados por outros cientistas com os quais Lavoisier manteve contato por meio de cartas.

Há registros de que Lavoisier estudou a teoria do flogisto com mestres franceses, como o próprio Rouelle e passou a se interessar por esta teoria justamente por sua amplitude de explicações possíveis. Um bom exemplo eram as explicações dadas por Scheele, que sugeriu em uma das cartas que Lavoisier estudasse a decomposição por aquecimento do carbonato de prata (um dos métodos de obtenção do ar de fogo por Scheele) e por Priestley sobre os resultados obtidos com o uso das máquinas pneumáticas e nas reações de combustão, já que tais máquinas eram capazes de separar dois diferentes

---

<sup>23</sup> Somente após a consolidação da teoria do oxigênio, Lavoisier conseguiu explicar o fenômeno que observou me meados de 1772, refazendo o experimento foi possível concluir em definitivo que a queima de carbono ou diamante produzia exclusivamente “ar fixo” que era constituído de carbono e oxigênio, dando origem a Química Orgânica e a determinação de carbono a partir de CO<sub>2</sub> (MAAR,2008).

<sup>24</sup> Maar (2008) afirma que a ideia original desta citação parte da obra de Partington

tipos de ares, chamados por Priestley de ar flogisticado e desflogisticado (CASTILLO, 2010).

Por não se convencer com as explicações dos flogistas, principalmente com as convicções de Priestley, Lavoisier assume o comando de suas próprias investigações, procurando responder algumas questões sobre os processos químicos de desprendimento e fixação dos ares, das reações de redução da cal e seus fenômenos de efervescência, sobre a questão do aumento do peso dos metais durante a calcinação e também buscava por um desdobrar de uma teoria sobre o calor que permitisse explicar a natureza dos fluidos elásticos (CASTILLO, 2010).

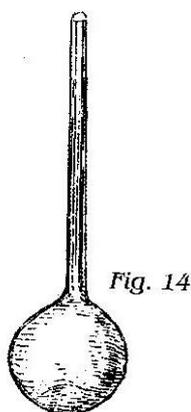
Enquanto se ocupava com essas investigações, Lavoisier afirmou que a combustão e a calcinação eram fenômenos similares e que ambas implicavam na fixação do ar. Após uma conversa com Priestley sobre as observações feitas durante um experimento de calcinação de mercúrio, que ambos fizeram, Lavoisier identifica como seu produto, o ar puro, ar vital ou eminentemente respirável, que aumentava consideravelmente o tamanho de uma chama quando submetida a teste, já Priestley o chamava de ar desflogisticado (CASTILLO, 2010).

O experimento mais famoso realizado por Lavoisier, Priestley e Scheele, a calcinação de mercúrio, é descrito mais tarde no *Tratado Elementar* de maneira minuciosamente detalhada, a saber,

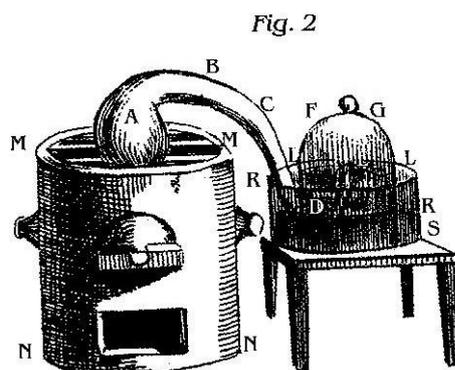
Me limitarei a relatar aqui as experiências mais concludentes já feitas a esse respeito. Só algumas são de minha autoria, seja porque eu as fiz primeiro ou porque as repeti sob um ponto de vista novo sob aquele de analisar o ar da atmosfera. Peguei, *prancha II, figura 14*, um balão A com cerca de 36 polegadas cúbicas de capacidade, de gargalo B C D E muito longo, com 7 linhas de espessura interiormente. Eu o curvei, como se vê representado, *prancha IV, figura 2*, de maneira que ele pudesse ser posto em um forno M M N N, e a extremidade E do seu gargalo colocada sob a campânula F G, inserida em um banho de mercúrio R R S S. Introduzi nesse balão 4 onças de mercúrio puríssimo; depois, aspirando o ar com um sifão que introduzi sob o sino F G, elevei o mercúrio até L e marquei cuidadosamente essa altura colando uma tira de papel e tomei medidas exatas do barômetro e do termômetro. Estando as coisas assim preparadas, acendi o fogo no forno M M N N e o mantive quase continuamente durante 12 dias, de maneira que o mercúrio fosse aquecido até o grau necessário para fazê-lo ferver. Não aconteceu nada de notável durante todo o primeiro dia: o mercúrio, embora não fervesse, estava em um estado de evaporação contínua; forrava o interior dos vasos com gotinhas, primeiro finíssimas, que iam em seguida aumentando e, ao adquirir certo volume, voltavam a cair por si mesmas no fundo do vaso e se reuniam ao resto do mercúrio. No segundo dia, comecei a ver sobre a superfície do mercúrio pequenas partículas vermelhas que durante quatro ou cinco dias aumentaram em número e em volume. Depois deixaram de crescer e ficaram exatamente no mesmo estado. Ao cabo de 12 dias, vendo que a calcinação do mercúrio não faz mais progresso algum, apaguei o fogo e deixei esfriarem aos vasos. O volume do ar, continho tanto no balão quanto no seu gargalo e sob a parte vazia da campânula, reduzido a uma pressão de 28 polegadas e 10 graus do termômetro, era antes cerca de 50 polegadas cúbicas.

Quando o teste acabou, esse mesmo volume, à pressão e temperatura iguais, só era de 42 a 43 polegadas: houve, por conseguinte, uma diminuição de volume de cerca de 1/6. Por um lado, tendo reunido cuidadosamente as partículas vermelhas que se formaram e separando-as tanto quanto possível do mercúrio que ficou aderido, o peso encontrado foi de 45 grãos. Fui obrigado a repetir várias vezes essa calcinação do mercúrio em vasos fechados porque é difícil, em uma só e mesma experiência, preservar o ar em que se operou e as partículas vermelhas ou cal de mercúrio que se formam [...] O ar restante após essa operação, reduzido a 5/6 do seu volume, pela calcinação do mercúrio, não era mais adequado à respiração nem à combustão; pois os animais ali introduzidos pereciam em poucos instantes e as chamas apagavam na hora como se tivessem sido mergulhadas em água. Por outro lado, peguei os 45 grãos da matéria vermelha que havia se formado durante a operação e a introduzi em uma pequeníssima retorta de vidro a qual estava adaptado um aparelho próprio para receber os produtos líquidos e aeriformes que poderiam separar-se. Ao acender o forno, observei que, à medida que a matéria vermelha era aquecida, a cor aumentava de intensidade. Quando, em seguida, a retorta se aproximou da incandescência, a matéria vermelha começou a perder aos poucos o seu volume e em alguns minutos, desapareceu completamente. Ao mesmo tempo em que se condensaram 41,5 grãos de mercúrio, passaram sob a campânula 7 a 8 polegadas cúbicas de um fluido elástico muito mais próprio que o ar para manter a combustão e a respiração dos animais [...] Esse ar que descobrimos quase ao mesmo tempo, os senhores Priestley, Scheele e eu, foi chamado pelo primeiro de ar desflogisticado; pelo segundo, de ar empireal. Eu tinha, a princípio, dado o nome de *ar eminentemente respirável*: desde então, ele foi substituído pelo de *ar vital* [...] Uma parte dessa importante verdade é que, recombinação dos dois fluidos elásticos que obtivemos separadamente, ou seja, as 42 polegadas cúbicas de ar mofético, ou ar não respirável, e as 8 polegadas cúbicas de ar respirável reformasse o ar em tudo semelhante ao da atmosfera, e que é apropriado mais ou menos no mesmo grau à combustão, à calcinação dos metais e à respiração dos animais (LAVOISIER, 2007, p. 44-45).

As figuras a seguir são referenciadas na citação transcrita anteriormente, salientamos que elas foram retiradas do final do *Tratado Elementar de Química*, na seção Ilustrações, da tradução de Fulvio Lubisco e Laís dos Santos Pinto Trindade, publicado pela editora Madras, ano 2007.



**Figura 1:** Prancha II Fig. 14. LAVOISIER, 2007, p. 377



**Figura 2º:** Prancha IV, figura 2. LAVOISIER, 2007, p. 381.

Um dos grandes diferenciais da Química lavoisieriana, e talvez o fator primordial para a credibilidade em seus experimentos se deu pelo uso de instrumentos finamente calibrados e balanças confeccionadas pelos melhores mestres da França. Para a compra de materiais de laboratório tão precisos, Lavoisier usou grande parte da verba que obtinha, pois além de ser um cientista respeitado em sua época, ele também se destacava como mestre de pólvora e exímio cobrador de impostos em seu país (FILGUEIRAS, 2007).

Outros experimentos são mencionados nos registros de 1777, como por exemplo a reação usando mercúrio e ácido nítrico. Neste experimento foi aplicado um balanceamento entre as massas de reagente e produtos, chegando à conclusão que os fluidos elásticos formados na reação originavam-se da decomposição do ácido nítrico. Completando essa reação de análise e síntese, Lavoisier reconhece que o ácido nítrico era um composto de ar nitroso e uma parte "mais pura do ar comum" e devido a isto se podia conhecer a proporção da parte mais pura do ar na atmosfera.

A partir de então Lavoisier deu sequência ao estudo da composição dos ácidos derivados de enxofre, azoto e fósforo, e encontrou em todos a presença de um fluido, o *ar mais puro que o ar comum* (LAVOISIER, 1777).

Depois disso, apresentou sua memória *Sobre a combustão em geral* de 1777, no qual propôs para a comunidade uma nova teoria da combustão, que permitia explicar todos os fenômenos da combustão, calcinação e sobre a respiração dos animais sem a necessidade de supor que existia uma matéria do fogo, o flogisto, que compunha todas as matérias combustíveis.

Diz Lavoisier,

O princípio que se combina com os metais durante a calcinação, que aumenta seu peso, e que é um constituinte da *calx*, não é nada mais do que a parte mais salubre e mais pura do ar; de tal modo que se o ar, depois de ter reagido com os metais, é novamente liberado, ele emerge como em condição eminentemente respirável, mais adequado do que o ar atmosférico para sustentar a ignição e a combustão (LAVOISIER, 1777 apud MAAR, 2008, p. 775).

Assim, há o fechamento do que Maar (2008) chama de segunda fase do trabalho de Lavoisier e início da terceira fase. Na terceira fase há o refinamento das ideias sobre combustão, calcinação, composição do ar atmosférico e com ele a proposição do abandono da teoria do flogisto pelas novas considerações de Lavoisier sobre o ar respirável.

Na quarta fase, Lavoisier munuiu-se de novos dados, entre os quais a síntese da água ocupa papel central. Nela ele expõe a relação da água e do “ar desflogisticado” e o “ar inflamável”, esclarecendo a natureza composta da água que a partir de então deixa de ser considerada um elemento (MAAR, 2008).

No Tratado Elementar, há uma sequência de quatro experiências com suas respectivas preparações, resultados e reflexões. Antes de apresentar a sequência de experimentos, Lavoisier afirma que,

Até pouco tempo, via-se a água como uma substância simples e os antigos não encontravam nenhuma dificuldade em relacioná-la com o nome de elemento: era sem dúvida uma substância elementar para eles, já que não tinham chegado a decompô-la ou pelo menos porque as decomposições da água, que se operavam cotidianamente sob os seus olhos, haviam escapado às duas observações; mas vamos ver que a água não é mais um elemento para nós. Não darei aqui a história dessa descoberta que é moderníssima e até contestada. Pode-se consultar a esse respeito à *Memória da Academia das Ciências*, de 1781. Limitar-me-ei a relatar as principais provas da decomposição e recomposição da água; ousou dizer que, quando se quiser realmente pensá-las sem parcialidade, serão julgadas demonstrativas (LAVOISIER, 2007, p. 65).

A primeira experiência descrita por Lavoisier trata da observação de uma destilação simples, em que a água é levada ao estado gasoso e condensada em outro frasco. Na segunda experiência, foi colocado um pedaço de carvão e observou-se a formação de ácido carbônico e gás combustível; na terceira experiência, colocou-se no lugar do carvão pequenas fitas de ferro bem moles e enroladas em espiral, observa-se a liberação de um gás inflamável mais leve que o atmosférico, quanto ao ferro observa-se que “esse ferro quase já não atrai o ímã e se dissolve, sem efervescência, nos ácidos; em uma palavra, está no estado de óxido negro precisamente como aquele que foi queimado no gás oxigênio” (LAVOISIER, 2007, p. 68).

Nas reflexões da terceira experiência Lavoisier afirma que,

O resultado dessa experiência apresenta uma verdadeira oxidação do ferro pela água, semelhante àquela que se opera no ar com a ajuda do calor. Foram decompostos 100 grãos de água: 85 de oxigênio se uniram ao ferro para formar o óxido negro e foram liberados 15 grãos de um gás inflamável específico. Portanto, a água é composta de oxigênio e da base de um gás inflamável específico. Portanto, a água é composta de oxigênio e da base de um gás inflamável, na proporção de 85 partes para 15. Assim a água, independentemente do oxigênio, que é um dos seus princípios, também comum a outras substâncias,

contém outro princípio que lhe é próprio, que é o radical constitutivo e que nos vimos forçados a dar um nome. Nenhum nos pareceu mais conveniente do que hidrogênio, ou seja, princípio gerador de água [...] Se tudo o que acabo de expor sobre a decomposição da água está exato e é verdadeiro se, realmente essa substância é composta, como procurei estabelecer, de um princípio que lhe é próprio, de hidrogênio combinando com oxigênio, disso resulta que, reunindo esses dois princípios, deve-se refazer a água, e é o que de fato acontece, como se vai verificar pela experiência seguinte (LAVOISIER, 2007, p. 69).

A quarta experiência versa sobre a recomposição da água. Lavoisier afirma ter feito esta experiência. De recomposição da água e a experiência descrita anteriormente de decomposição da água para um grande público da *Academia* e ao fazer pode-se constatar que “a água não é uma substância simples. Ela é composta de dois princípios, o oxigênio e o hidrogênio e esses, separados um do outro, têm tamanha afinidade com o calórico, que só podem existir sob a forma de gás, ao grau de temperatura e de pressão em que vivemos” (LAVOISIER, 2007, p. 70-71).

É neste período que Lavoisier propõe o abandono da teoria do flogisto e a ascensão da nova teoria do oxigênio. Em sua obra *Reflexões sobre o flogisto*<sup>25</sup> de 1777, propõe,

[...] se tudo se explora em Química de uma maneira satisfatória sem a ajuda do flogisto, só por isso é infinitamente provável que esse princípio não exista, que seja um ser hipotético, uma suposição gratuita. Uma opinião que vejo como um erro funesto à Química, e que me parece ter retardado consideravelmente os progressos (desta) pela maneira equivocada de filosofar que ela introduziu. Rogo-lhes, meus leitores [...] despojarem-se tanto quanto possível, de todo preconceito. Verem nos fatos apenas o que lhes apresentam, banirem aos tempos anteriores a Stahl, esquecerem-se por um momento, se possível, de que sua teoria existiu. (LAVOISIER, 1777, p. 623-4 *apud* ALFONSO-GOLDFARB; FERRAZ, 1993, p. 23).

Segundo Filgueiras (2007) é nesta fase da vida de Lavoisier que se insere a dramaturgia, uma vez que há o relato de uma exposição teatral em que madame Lavoisier se veste de sacerdotisa e queima em público as principais obras flogistas da época, remetendo à necessidade do abandono completo do pensamento químico da antiguidade.

Histórias anedóticas e dramas a parte, após o desenvolvimento desta gama de experimentos o trabalho de Lavoisier entra em sua quinta e última parte, a consagração, ou seja, enfim Lavoisier reúne os dados obtidos ao longo de sua trajetória e propõe a nova

---

<sup>25</sup> Reflexões sobre o flogisto, título e trecho citado traduzido por ALFONSO-GOLDFARB, A. M. e FERRAZ M. H. M. As possíveis origens da química moderna. **Revista Química Nova**, v. 16 n1, 1993, p. 26 de :LAVOISIER, Antoine. L. Refflexions sur le phlogistique./ Sur la combustion. **Oeuvres II**, Paris, p. 623-4,1777

Química, tendo, além da forte experimentação como alicerce para o sucesso, a rigorosidade de uma nova sistematização da escrita e do pensamento químico.

Como já havia prometido em sua obra de 1777, Lavoisier assumiu o compromisso de reformar e aperfeiçoar a nomenclatura Química. Já no Discurso Preliminar do Tratado, ele salienta que apesar do objetivo ser sistematizar a nomenclatura Química, não foi possível lidar apenas com as palavras. Pois,

Não se pode melhorar a linguagem sem aperfeiçoar a ciência nem a ciência sem a linguagem, e que por mais certos que fossem os fatos, por mais justas que fossem as ideias geradas, elas ainda só transmitiriam impressões falsas, se não tivéssemos expressões exatas para designá-los (LAVOISIER, 2007, p. 17).

Por isso, no *Tratado Elementar de Química*, Lavoisier traz sua sistematização com base na observação e na experiência dos fatos para conhecer verdadeiramente as leis da natureza. Assim em 1789, a divisão geral da obra se dá em três grandes partes,

A primeira expõe a teoria Química de Lavoisier, a segunda é um estudo descritivo dos produtos químicos então conhecidos; a terceira trata de aparelhos, equipamentos, operações e métodos. São indispensáveis para a compreensão do livro a Introdução, bem como as ilustrações de Mme. Lavoisier (MAAR, 2008, p. 779).

A introdução que Maar (2008) cita faz referência ao Discurso Preliminar, no qual Lavoisier se posiciona quanto a alguns pontos como a quem destina sua obra, a maneira pela qual se alcança a verdade na ciência Química e sobre como se espera que seja o cientista da nova Química.

No trecho a seguir, retirado de nossa tradução do Tratado, vemos qual posicionamento Lavoisier espera de seus leitores, os cientistas, já que nesta época é que se cunhou a palavra cientista tal qual o termo moderno. Vejamos,

Quando iniciamos o estudo de qualquer Ciência, estamos, em relação a essa Ciência, na situação semelhante à das crianças; e o caminho pelo qual temos que avançar é exatamente o mesmo que a natureza segue na elaboração de suas ideias. Numa criança a ideia é meramente o efeito produzido pela sensação; e, da mesma maneira, ao se iniciar o estudo de uma ciência física, não devemos formar ideia alguma, mas sim formar aquilo que é uma consequência direta e efeito imediato de um experimento de observação (LAVOISIER, 2007, p. 18).

Ele deixa bem claro que por serem considerados crianças, os cientistas novatos facilmente são ludibriados e desviados dos objetivos reais, assim coloca que a única maneira de prevenir as armadilhas da “inocência” é

Colocá-lo continuamente à prova da experiência; em só conservar os fatos que são dados pela natureza e não nos podem enganar; em só procurar a verdade no encadeamento natural das experiências e das observações da mesma maneira que os matemáticos chegam a solução de um problema – pelo simples arranjo dos dados, e reduzindo o raciocínio a operação tão simples, a julgamentos tão curtos,

que não perdem nunca de vista a evidência que lhes serve de guia (LAVOISIER, 2008, p. 18-19).

Assim, a proposta inicial do Tratado é ajudar a formar o químico, não para suposições e metafísicas mas para prova obtida com a observação e a experiência. Lavoisier afirma que para formar um químico desta maneira são necessários no mínimo 3 ou 4 anos, pois o primeiro ano em que se iniciam os estudos serve apenas para se familiarizar com os nomes e as técnicas necessárias para se colocar os fenômenos observados a prova da experiência.

Sobre a nova nomenclatura apresentada no Tratado, Lavoisier reconhece que os nomes costumeiramente usados para alguns compostos fazem aflorar nos iniciantes ideias falsas já que não há nenhuma relação entre os nomes óleo de vitriolo, manteiga de arsênico e flores de zinco e os óleos, manteigas e flores reais, por isso ele assume novas denominações para estes compostos que expressem seus reais significados como as classes de ácidos, metais e óxidos por exemplo.

Lavoisier termina seu Discurso Preliminar defendendo que quando sistematizou a nova Química, deixou de lado os aspectos anteriores desta ciência pois presava pela facilidade e pela clareza, obtidas, segundo a opinião dele, somente por meio do abandono das longas discussões sobre o histórico da ciência e seus precursores, caracterizando portanto em um seguir o novo caminho e refazer o entendimento humano proposto por Bacon (LAVOISIER, 2007).

Análises historiográficas e suas vertentes à parte, há de se reconhecer que o Tratado representou uma objetivação da Química para cientistas e principiantes desta ciência. “O Tratado Elementar de Química de 1789, além de condensar mais de 15 anos de pesquisas e de constituir um conjunto ordenado de conhecimento químico, é completo dentro dos limites que para ele foram estabelecidos” (MAAR, 2008, p. 785).

A difusão da nova Química, causou de um lado a objetivação e o grande avanço em estudos de fenômenos. Assim,

A especificidade dos fatos estudados pela Química a partir do século XIX cria metodologias específicas cada vez mais restritivas, e embora a grande expansão do conhecimento científico se deva ao cultivo de especialidades, chegou a hora de nova integração através da Filosofia da Ciência (da Química) e da História da Ciência (da Química) (MAAR, 2008, p. 802)

Como consequência desta tamanha objetivação, perderam-se os estudos de História e Filosofia da Ciência, que nos dias atuais estão sendo resgatados em tentativas ainda que tímidas, pontuais e voltadas ao Ensino de Ciências.

E é sobre o Ensino de Química e de Ciências em geral o foco do nosso próximo capítulo. Nele discutiremos as formas pelas quais a experimentação tem sido usada em salas de aula, buscando responder quais os contornos do uso da experimentação no século XX e XXI no Ensino de Química de nível médio.

No capítulo seguinte, usaremos as discussões apresentadas até o momento sobre o uso da experimentação ao longo dos séculos e o relacionaremos ao tema reações de combustão descritas neste capítulo para fazer uma breve análise dos experimentos contidos livros didáticos propostos para o período compreendido entre os anos 2012 a 2014. Haverá experimentos sobre as reações de combustão? Haverá menção ao trabalho sistematizado por Lavoisier? Qual a função da experimentação trazida nessas propostas experimentais? Respostas como esta formam nossos últimos objetivos neste trabalho.

Por ora, vejamos como a experimentação tem sido abordada nos primeiros contatos do indivíduo com o Ensino de Química.

## O QUE OBSERVAMOS? QUAL PAPEL DA EXPERIMENTAÇÃO PARA A QUÍMICA AO LONGO DOS SÉCULOS? E PARA LAVOISIER? UM PANORAMA.

Pela segunda vez neste trabalho nos deparamos com a necessidade de sintetizar as discussões feitas ao longo do capítulo findado. Com a intenção de tornar claras nossas ideias, apresentamos no Quadro 3, um resumo sobre o papel da experimentação da alquimia à Química do século XVIII.

**Quadro 3:** Síntese sobre o papel da experimentação da alquimia à Química

Período	Descrição
Alquimia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Opera com instruções secretas, julgando obedecer os comandos da natureza.</li> <li>• Práticas artesanais de oficina, laboratório e ateliê, cujo objetivo era trabalhar com metais, preparo e aplicação de tingimentos, porcelanas e vidros, obtenção da cura do corpo por elixires).</li> <li>• “Arte de fazer” ligada a magia, crença e misticismo.</li> <li>• Possui grande quantidade de manipulações de laboratório, mas a experimentação não é tomada apenas como prática empírica mas fundamentadas em regras e conhecimentos secretos da natureza.</li> </ul>
Séculos XII e XIII	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Busca por vínculos entre os ateliês e laboratórios.</li> <li>• Constatou-se a maioria das descrições sobre as práticas de laboratório e ateliê eram simbólicas e de improvável reprodução.</li> </ul>
Séculos XIV a XVII	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Houve a necessidade de mapear a totalidade da natureza, acreditando que ela seria um livro aberto no qual os estudiosos deveriam decodificar seus segredos.</li> <li>• Experiências: ajudariam a organizar a compreensão da natureza para entender a obra divina.</li> <li>• Experimentos: funcionam como forma de constatação dos mais inusitados eventos que vão do fantástico ao cotidiano.</li> </ul>
Século XVIII	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valorização e reconhecimento da experimentação, a natureza é dominada pelo homem que observa, manipula e a modifica.</li> <li>• Os experimentos começam a ser concebidos para um propósito e por isso aperfeiçoa-se os materiais e equipamentos de laboratório para obter maior precisão.</li> <li>• Após a Revolução Científica, a Química busca tornar-se racional, objetiva e baseada no empirismo.</li> <li>• Há intensa atividade de laboratório culminando no isolamento de novas substâncias.</li> <li>• Para Lavoisier, somente a experiência é capaz de prevenir os erros de raciocínio e alcançar a verdade.</li> </ul>

Fonte: Prado (2015)

Diante dessas considerações, passaremos a estudar no próximo capítulo a Química no Brasil e seu ensino ao longo do desenvolvimento deste país.

Usaremos como base para nossa discussão os trabalhos de alguns pesquisadores da história da química brasileira e os principais documentos redigidos para regulamentar o Ensino de Química e Ciências, como as Reformas, as Lei de Diretrizes e Bases e os Parâmetros Curriculares Nacionais.

### **CAPÍTULO III A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA BRASILEIRO.**

Este capítulo tem o objetivo de traçar um panorama do uso da experimentação no Ensino de Química (EQ) no contexto brasileiro.

Organizamos este capítulo em três partes. A primeira parte englobará seções com um breve resgate histórico sobre o uso da experimentação no Brasil e sua implantação no Ensino, caracterizada pelas Reformas Educacionais, a implantação dos modelos norte-americanos de Ensino de Química, os kits cientista; as Leis de Diretrizes e Bases de 1996, bem como os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio estabelecidos em 2002.

Decorrente deste cenário originaram-se trabalhos e discussões sobre o uso moderno da experimentação em salas de aula e laboratórios didáticos de todo o Brasil, foco das discussões da segunda parte deste capítulo.

Na terceira parte, voltaremos nosso olhar para os livros didáticos propostos pelo Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM, 2011) usados nas escolas no período de 2012 a 2014, bem como para as apostilas de Química da Proposta Curricular do Estado de São Paulo, cujo início dos trabalhos datam de 2008, com o objetivo de detectar se há a proposição de experimentos atualmente nas escolas.

#### **SEÇÃO 01 O ENSINO DE QUÍMICA NO BRASIL: DA COLÔNIA ÀS REFORMAS EDUCACIONAIS A EXPERIMENTAÇÃO NA QUÍMICA E NO ENSINO DE QUÍMICA BRASILEIRO.**

Esta seção tem o objetivo de traçar brevemente o meio pelo qual a experimentação em Química adentrou o Brasil. Somente ao final desta seção mencionaremos o Ensino de Química, já que até o início do século XIX, não havia cursos de formação deste tipo de profissionais em solo brasileiro e, portanto, todo conhecimento presente em nosso país era importado de países da Europa.

Segundo Filgueiras (1990), desde o momento em que os primeiros portugueses entraram em contato com o Brasil, chamado em sua origem de Novo Mundo, alguns fatores chamaram sua atenção, dentre eles a organização das comunidades indígenas, a fartura em alimentos e minerais e também as cores exibida nos corpos dos índios, provindas do urucum e do jenipapo.

É possível dizer também que desde então começou-se um período de intensa extração de bens naturais, principalmente de pau brasil. Do processo de manufatura extraía-se a uma pigmentação avermelhada forte e também usava-se a madeira para a produção de outros artefatos amplamente utilizada pelos portugueses (FILGUEIRAS, 1990).

Após este período exclusivamente extrativista, o Brasil, então colônia de Portugal,

Passou-se a uma economia bastante mais complexa em termos tecnológicos. Pode-se dizer que todo o período colonial se caracterizou por atividades ligadas a uma Química de produtos naturais, de origem orgânica ou mineral. Inicialmente a mera extração do pau-brasil, cujo corante deu nome ao país, curiosamente um país com nome de certa forma ligado à Química. Em seguida, o ciclo da cana de açúcar trouxe consigo um enorme elenco de processos e operações Químicas e físicas de natureza empírica, mas que exigiam conhecimentos técnicos precisos (FILGUEIRAS, 1990, p. 223).

No Brasil colonial (1530-1815), a educação era voltada para ensinamentos humanísticos de caráter religioso, visto que os formadores eram os padres jesuítas. Por isso não havia nem menção ao ensino de ciências, muito menos ao Ensino de Química, fato que não significou grande atraso na época, visto que,

A sociedade açucareira que se constituiu na época não ensejou um desenvolvimento tecnológico; as técnicas introduzidas na fabricação de açúcar perduraram praticamente inalteradas por séculos, já que o uso da mão de obra escrava assim o permitia. Deste modo, o que poderia ser o início de uma evolução tecnológica conduziu, ao contrário, ao imobilismo social e ao atraso industrial, agravados pelo desejo de aumentar constantemente a produção (FILGUEIRAS, 1990, p. 223).

Ao final do século XVI e por todo século XVII e XVIII, expedições provindas de toda a Europa fizeram estudos sobre a fauna e a flora brasileira, bem como sobre o uso de algumas plantas como medicamentos para as mais variadas enfermidades da época (FILGUEIRAS, 1990).

É possível dizer que neste período, todo brasileiro abastado que gostaria de continuar seus estudos em ciências no ensino superior era obrigado a deixar o país rumo às principais universidades de Portugal. Dentre eles estão, Vicente Telles, o primeiro químico brasileiro, cujos estudos sempre estiveram ligados as ideias de Lavoisier, chegando a fazer uma tradução portuguesa para a racionalização e sistematização propostas por Lavoisier em sua obra “*Nomenclatura Química Portuguesa, Francesa e Latina*” de 1801 (FILGUEIRAS, 1985) e José Bonifácio de Andrada e Silva (FILGUEIRAS, 1986).

Diante da necessidade de se abandonar o Brasil para aprofundamento de estudos e devido a outros fatores políticos e sociais, em 1771 instaurou-se em nosso país, a Reforma Pombalina (1771). Esta reforma colaborou para a fundação da primeira Academia Científica Brasileira, instalada no Rio de Janeiro em 1772 (Filgueiras, 1990).

O século XVIII é também aquele do chamado terceiro ciclo econômico do período colonial. Tal como antes, baseava-se na exploração de produtos naturais, só que agora de natureza mineral: o ouro e os diamantes. A mineração exigia conhecimentos técnicos de tipo variados: mineralogia Química (especialmente Química analítica), geologia, engenharia de minas, metalurgia. O ciclo do ouro no Brasil coincidiu justamente com o período de surgimento da Química moderna na Europa, culminando na Revolução Química de Lavoisier (FILGUEIRAS, 1990, p. 226).

Devido ao interesse pela extração do ouro, pedras preciosas e minerais diversos, importou-se mão de obra europeia para ensinar e iniciar os processos de extração destes materiais, assim, os primeiros conhecimentos químicos se resumiam a princípios e procedimentos de utilidade prática, além do já conhecido processo de manufatura do açúcar de cana. Iniciou-se ainda a extração do ferro e o processo de separação de ouro e diamantes (LIMA, 2013).

Segundo Filgueiras (1988), D. Pedro II (1825-1891) também dedicou seus estudos à Química, não se pode dizer que ele foi um pesquisador ou cientista, mas devido seu interesse pela Química, visitou e custeou várias pesquisas na Europa e,

Num Brasil em que o ambiente cultural era decididamente a-científico, o imperador chegou a personificar sozinho o papel que hoje compete a agências como a CAPES e o CNPq, destinando recursos pessoais ao financiamento de bolsas de estudo no exterior ou projetos culturais científicos (FILGUEIRAS, 1988, p. 210).

Lima (2013) ressalta ainda que em meados de 1918 criou-se o primeiro curso para a formação de profissionais para as indústrias Químicas, curso equivalente ao ensino de nível técnico nos dias atuais.

Segundo Oliveira e Carvalho (2002), a Química continua com este caráter utilitarista ao longo do século XIX. Neste período instalaram-se no Brasil indústrias diversas (de sabão, pólvora, vidro, papel, velas, ácido sulfúrico, ácido nítrico, cloro e ácido clorídrico, por exemplo). Em todas elas haviam técnicos europeus como supervisores das frentes de trabalho, visto que a mão de obra nacional não possuía os conhecimentos necessários para estes fins e também porque o estudo das ciências em geral era desprestigiado no Brasil, por acreditarem se tratar de uma formação necessária somente para a classe trabalhadora.

Assim, podemos afirmar que até 1930 o Ensino Secundário de Química não mereceu a atenção dos educadores, pois, segundo Schnetzler (2011), mesmo após a expulsão dos jesuítas, o ensino de ciências continuou negligenciado. Exemplo disto está no número de aulas destinadas ao estudo de Ciências que, segundo esta autora, representavam cerca de 2% do conteúdo total estudado nos cursos secundários entre os anos de 1857-1930 (SCHNETZLER, 2011).

Segundo Mortimer (1988), o único livro de Química publicado e usado ao longo desses anos, o *Noções de Química Geral: baseadas nas doutrinas modernas*, escrito por João Martins Teixeira possuiu 16 edições sendo sua primeira datada em 1875 e a última em 1931. A obra não possuía exercícios ou propostas experimentais para os alunos, mas abordava somente exemplos que levavam a conceitos. Desta forma, o aluno que optasse por uma carreira industrial, receberia instruções sobre procedimentos experimentais ao longo de sua atuação na indústria.

Os apontamentos de Schnetzler (2011), salientam ainda que entre 1879 a 1930,

Ocorreram seis reformas educacionais [...] Em todas elas, porém, constata-se a pouca importância atribuída ao Ensino de Ciências e, em particular, ao Ensino Secundário de Química, situação que foi significativamente alterada a partir das reformas [...] Francisco Campos vigente no período de 1931 a 1941, a de Gustavo Capanema, de 1942 a 1960 (SCHNETZLER, 2011, p. 56).

É importante destacar que desde a Reforma Francisco Campos, estabeleceu-se objetivos similares aos atuais para o Ensino Secundário de Química, dentre os quais estão,

Promover a aprendizagem dos princípios gerais da ciência Química; enfatizar o seu caráter experimental e suas relações com a vida cotidiana dos alunos, propósitos estes que [...] buscam conferir significado à obrigatoriedade daquele ensino, quer seja no secundário(1931-1941), no curso científico (1942-1960), no segundo grau (1961-1995) e no atual Ensino Médio (SCHNETZLER, 2011, p. 56).

Dallabrida (2009), assim como Schnetzler (2011), atribui à Reforma Francisco Campos um marco da modernização do ensino, visto que para ele,

A chamada “Reforma Francisco Campos” (1931) estabeleceu, em nível nacional, a modernização do ensino secundário brasileiro. Ela imprimiu organicidade ao ensino secundário por meio de várias estratégias escolares, como a seriação do currículo, a frequência obrigatória dos alunos, a imposição de um detalhado e regular sistema de avaliação discente e a reestruturação do sistema de inspeção federal. Desta forma, a cultura escolar definida pela reforma de 1931 procurava produzir um *habitus* burguês nos estudantes secundaristas, a partir da educação integral e de práticas de disciplinamento e de autogoverno (DALLABRIDA, 2009, p. 185).

Como dito por Schnetzler (2011), o período compreendido entre os anos de 1930 e 1960 foi caracterizado pelo reflexo da Reforma Francisco Campos e pela Reforma Gustavo Capanema. Neste percurso, o Ensino de Química permanece às margens do Ensino de Ciências, pois é somente em meados de 1960 que surgem os primeiros projetos voltados inteiramente ao Ensino de Química e ao acesso a experimentos fáceis de serem reproduzidos em salas de aula de todo país.

Neste sentido, segundo Moura e Chaves (2011) a corrida espacial<sup>26</sup> propiciou um grande desenvolvimento em educação científica, dos processos de atualizações curriculares e da produção de diferentes materiais didáticos pelos Estados Unidos.

Interessados por essa modernização curricular, nesta época o Brasil firmou uma aliança com os EUA e a Inglaterra em busca de uma modernização curricular para a

---

<sup>26</sup> A Corrida Espacial ocorreu na segunda metade do século XX e foi uma das grandes marcas da Guerra Fria. Com o fim da Segunda Guerra Mundial, teve início um novo conflito no mundo que colocava em oposição dois grupos de ideologias antagônicas: o capitalismo e o socialismo. A primeira tinha a liderança dos Estados Unidos, maior país capitalista do mundo, e a segunda tinha como grande representante e líder a União Soviética. Os dois líderes, por sinal, foram os vencedores da Segunda Guerra Mundial e, logo em seguida, passaram a rivalizar pela influência ideológica no mundo. Os vencedores do conflito mundial eram, à época, os países mais avançados tecnologicamente e militarmente no mundo. O confronto que nasceu entre os dois foi chamado de Guerra Fria justamente pela impossibilidade de um atacar diretamente o outro, pois temia-se a aniquilação mútua. Sendo assim, travou-se um conflito marcado pela propaganda das conquistas e dos avanços. Um deles foi a exploração espacial. O auge das conquistas espaciais aconteceu entre 1957 e 1975, envolvendo grandes esforços para justificar a superioridade tecnológica e ideológica de cada parte (Fonte: <http://www.historiamais.com/corridaespacial.html>)

proposta brasileira, já que o que se esperava na época era uma equiparação e aproximação em questões educacionais dos países ocidentais com a hoje extinta União Soviética. Os ideais propostos pelos materiais ingleses e norte-americanos vinham ao encontro do proposto pela Lei 4.024 de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) de 4024/1961 (BONFANTI et al., 2013).

A LDB, criada em 1961 LDB 4024/1961 e aprovada em 1971 LDB 5692/1971, trouxeram consigo uma valorização dos profissionais do Magistério, com a implementação de propostas como o plano de carreira, o aumento no piso salarial e investimento em formação continuada, também ampliou-se a carga horária de Ciências desde primeiro ano do Curso Primário e aumentou a carga horária de Biologia, Física e Química no Curso Ginásial (BRASIL, 1971).

Unida às propostas norte americanas, buscava-se neste momento metodologias que fizessem o aluno “fazer”, ou seja praticar a ciência de maneira pragmática, para se “entender” os conteúdos que nela se encaixavam (BONFATTI et al., 2013).

Neste momento surgem os projetos importados de países como EUA e Inglaterra que segundo Mathews (1995) e Gil Perez (1993), com exceção do projeto de Física de Harvard e do BSCS todos os projetos do Ensino de Ciências da década de 1960, deram-se sem a participação de historiadores ou filósofos.

Essas propostas buscavam uma aproximação entre o Ensino de Ciências e o trabalho de cientistas em laboratório, dando grande ênfase à atividade autônoma e ao uso da experimentação, caracterizada pelo Indutivismo (GIL-PEREZ, 1993).

Acreditava-se também que, ao fazer ciência e envolver-se no processo científico, o aluno teria mais condições de desenvolver sua capacidade de raciocinar e identificar soluções para os problemas que rondam a vida cotidiana (BARRA; LORENZ, 1986).

Dentre os projetos importados dos EUA e Inglaterra, implantados no Brasil, estiveram o Physical Science Study Commitee (PSSC), a versão verde e azul do Biological Science Curriculum Study (BSCS) e o Chemical Bond Approach (CBA). Houve também a implantação do Chemistry in the community (ChemCom), Geology and Earth Science Sourcebook (GESS) e do Myffield Biology (MOURA e CHAVES, 2011) (BARRA; LORENZ, 1986).

Para Moura e Chaves (2011), em todos estes projetos havia um apelo ao aspecto sensorial, cujas práticas experimentais reforçaram a imagem de uma ciência fantástica e aventureira. Os “kits”, modo como as propostas foram chamadas no Brasil, traziam uma visão empirista, com ideias de ciência mecânica (repetitiva), neutra, desinteressada, apolítica, credível e inquestionável.

Por outro lado, Barra e Lorenz (1986) defendem que a implementação destes materiais foi a solução encontrada para minimizar a falta de equipamentos das escolas e a improvisação de materiais didáticos para as aulas, ao mesmo tempo que incentivou a mudança e a não estagnação do ensino de ciências no cenário brasileiro.

Para estes autores,

O movimento curricular que se manifestou entre os anos de 1950 e 1980, foi inicialmente estimulado por fatores externos ao Brasil e aqui introduzidos com o auxílio da UNESCO e fundações americanas. Com o decorrer do tempo, no entanto, foi sustentado por fatores e interesses internos e, sem dúvida, a transferência da iniciativa da elaboração dos projetos à cientistas e educadores brasileiros tornou tais materiais didáticos mais eficientes por estarem adequados a realidade brasileira (BARRA; LORENZ, 1986, p. 1982).

Visto que na década de 1970 optou-se pelo abandono dos modelos importados e adoção de uma nova metodologia encabeçada pelo Ministério da Educação e Cultura (MEC), em 1972, instaurou-se no Brasil o Projeto Nacional para Melhoria do Ensino de Ciências e com ele houve a criação de projetos de ensino de Física, Química e Ciências adaptados à realidade nacional.

Os novos projetos elaborados pela USP, CECINE, PEC e CECIRS<sup>27</sup>, produziram materiais diversos, dentre eles livros texto para alunos, guias para professores, materiais de laboratório e materiais com propostas audiovisuais. Ao findar da década de 1970, segundo Barra e Lorenz (1986), houve uma redução das atividades para a produção deste materiais, pois em avaliação feita o Projeto Melhoria de Ensino de Ciências foi considerado como não prioritário para o MEC, culminando em seu abandono.

No início da década de 1980 foi desenvolvido o projeto Coleção Jogos e Descobertas, que compunham 15 kits com propostas experimentais variadas de Biologia, Química e Física para o 1º grau, e nesta década preocupou-se mais em investir na formação de professores de ciências.

Segundo Mortimer (1988), na década de 1980, a experimentação foi desvalorizada no Ensino de Química, que passou a ter seu foco voltado para os vestibulares unificados,

---

<sup>27</sup> USP, Universidade de São Paulo. CECINE, Coordenadoria do Ensino de Ciências do Nordeste atualmente sediada na Universidade Federal de Pernambuco, PEC, Projeto de Ensino de Ciências. CECIRS Porto Alegre, Centro de Ciências do Rio Grande do Sul.

nos quais dava-se maior ênfase aos conteúdos e exercícios de lápis e papel, e ao ensino profissionalizante voltado para as necessidades do mercado de trabalho.

No início da década de 1990, aprovou-se a reformulação de alguns aspectos da Lei de Diretrizes e Bases (BRASIL, 9394/1996), entre eles instituiu-se que o Ensino Fundamental e Médio<sup>28</sup> passariam a fazer parte da Educação Básica e gratuita.

Ou seja, o Ensino Médio (EM) deixa de ser apenas preparatório para o Ensino Superior ou profissionalizante, para assumir a responsabilidade de completar a educação básica. A nova intenção do EM passa a ser preparar o jovem para a vida, qualificá-lo para a cidadania e capacitá-lo para o aprendizado autônomo permanente (BRASIL, 9394/1996).

Para nortear o trabalho dos professores desta data em diante, ou seja de 1996 aos anos 2000, o governo federal criou os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para todos os níveis de ensino, assim como os PCNEM, Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, “o PCN e o PCNEM foram criados com o objetivo de servir como orientações metodológicas para educadores e educadoras nas diversas áreas de conhecimento em todos os níveis do ensino no Brasil” (SANTANA; LIMA, 2011, p. 41).

Essas orientações para a prática docente foram elaboradas por especialistas das disciplinas de forma que o professor atuante nas escolas se sentisse como coautor destas propostas, ou seja, criou-se uma Base Nacional Comum, na qual os educadores tinham a possibilidade de trabalhar em consonância com os avanços teórico-metodológicos advindo das mais variadas tendências educacionais. Desta forma o objetivo dos PCN/PCNEM seriam oferecer autonomia e flexibilidade para que o professor escolha sua base teórica de acordo com suas necessidades (NUNES; NUNES, 2007).

Diante desta reformulação do método de trabalho, propõe-se que o Ensino de Química seja uma disciplina que compreenda e reconheça as transformações Químicas naturais nos mais variados contextos (atmosfera, hidrosfera, litosfera, biosfera) bem como se faça relações entre a Química e o sistemas produtivos, industriais e agrícolas.

Desta forma, segundo as orientações do PCNEM, o Ensino de Química deve ser idealizado segundo uma proposta pedagógica alicerçada pelas transformação Químicas, pelos materiais e suas propriedades e por modelos explicativos, de maneira que se faça uso de temas estruturadores para tratar sobre os instrumentos de formação humana, sobre o meio de interpretar o mundo e intervir na realidade, bem como de fazer o uso de temas

---

<sup>28</sup> Antes chamado 2º grau cuja principal característica era formação profissionalizante e/ou a preparação para o Ensino Superior.

historicamente construídos, para a aplicação de conhecimentos químicos da base comum<sup>29</sup> (BRASIL, 2006).

Assim,

As habilidades e competências que devem ser promovidas no Ensino de Química devem estar estreitamente vinculadas aos conteúdos a serem desenvolvidos, sendo parte indissociável desses conteúdos, e devem ser concretizadas a partir dos diferentes temas propostos para o estudo da Química, em níveis de aprofundamento compatíveis com o assunto tratado e com o nível de desenvolvimento cognitivo dos estudantes (BRASIL, 2006, p. 37).

Para o promover as competências e habilidades esperadas pelos PCNEM, propõe-se que o professor desenvolva atividades para propiciar a especulação, a construção e a reconstrução de ideias. Entre estas atividades pode-se aplicar: visitas variadas a museus de tecnologia, feiras e exposições, relatos de experimentos através do uso de modelos explicativos, observações, demonstrações, investigações experimentais em laboratórios didáticos, discussões coletivas e trabalhos em grupo, entre outras. (BRASIL, 2006).

Salientamos que os PCNEM também discorrem sobre a função da experimentação no EM, a saber,

Deve ficar claro aqui que a experimentação na escola média tem função pedagógica, diferentemente da experiência conduzida pelo cientista. A experimentação formal em laboratórios didáticos, por si só, não soluciona o problema de ensino-aprendizagem em Química. As atividades experimentais podem ser realizadas na sala de aula, por demonstração, em visitas e por outras modalidades. Qualquer que seja a atividade a ser desenvolvida, deve-se ter clara a necessidade de períodos pré e pós atividade, visando à construção dos conceitos. Dessa forma, não se desvinculam “teoria” e “laboratório” (BRASIL, 2006, p. 36).

Zanon et al. (2004), entendem que os PCNEM constituem um documento que apresenta referenciais e orientações flexíveis, mas que apesar da flexibilidade proposta são notórias as limitações e fazem-se necessárias mudanças ao longo da prática do professor, que requerem ações a serem implementadas, uma vez que o Brasil é um país vasto demograficamente e diverso culturalmente.

Desta forma, cabe ao professor fazer adaptações dos PCNEM à realidade cultural e ao cotidiano dos alunos, para que assim se possa aproveitar ao máximo a construção e utilização dos conhecimentos de Química (ZANON et al., 2004).

Devido a esta necessidade de se pensar a melhor maneira de abordar os conhecimentos químicos em cada realidade escolar, surgem, a partir da década de 1990,

---

<sup>29</sup> Entre os conhecimentos químicos de base comum estão: as transformações químicas do cotidiano, as relações quantitativas de massa, o estudo dos reagentes produtos e suas propriedades, as reações orgânicas na obtenção de materiais diversos, as transformações químicas de aspectos energéticos e dinâmicos, os modelos e constituição da matéria, entre outros.

muitos artigos, teses, dissertações e livros, de pesquisadores brasileiros e estrangeiros preocupados em tornar o Ensino de Química mais atrativo e acessível a todos (alunos e professores).

Na próxima seção, traremos um apanhado destas propostas cujo objetivo principal era gerar a discussão e compartilhar experiências acerca do uso da experimentação no ensino de ciências e Química.

## **SEÇÃO 02 PROPOSTAS EXPERIMENTAIS: O QUE ALGUNS PESQUISADORES DA ÁREA PENSAM?**

Entre as propostas que planejam conseguir uma melhoria no ensino de ciência e de Química, estão aquelas que têm por base o uso de abordagens experimentais em sala de aula e em laboratórios didáticos, podendo abranger várias modalidades e interesses, segundo o enfoque pedagógico ou as necessidades financeiras que fazem parte do planejamento e da realidade escolar.

Axt (1991), no início dos anos 1990, já versava sobre a necessidade de se fazer uma abordagem mais experimental no ensino de ciências, a saber,

Uma crítica constante dirigida ao ensino de Ciências nas escolas refere-se à ausência de experimentação. Por trás de um amplo espectro de argumentos que costumam ser levantados em defesa de um ensino mais experimental nas escolas, encontra-se, invariavelmente, o pressuposto de que a experimentação contribui para uma melhor qualidade do ensino [...] Nas aulas de ciências, apesar da complexidade e da artificialidade das relações que aí se estabelecem bem como das condições de aprendizagem dos alunos e das características da ação pedagógica, surgem frequentemente situações nas quais este modelo, de confrontar hipóteses com a evidencia experimental, poderia ser ensaiado (Axt, 1991, p. 79)

Como dito na seção anterior, a partir das reformas educacionais, muitos foram e são os pesquisadores (HODSON, 1988 e 1994; MACHADO, 2004; DOURADO, 2001; ARAÚJO e ABIB, 2003; MORTIMER, 1996; LABURÚ, 2006, FERREIRA et al., 2010, CALVACANTI, et al., 2013, dentre outros que apresentaremos a seguir) que discutem as potencialidades e limites do uso da experimentação no ensino de ciências e de Química.

Entre estes autores citados e em outros trabalhos que circulam na esfera acadêmica, podemos ver que existem linhas de pesquisa mais preocupadas em definir em que devem consistir os trabalhos experimentais, outras preocupam-se em discutir as diferentes estratégias experimentais, algumas ainda alternam o uso da experimentação e

discussões sobre Ciência Tecnologia e Sociedade, História Filosofia e Sociologia da Ciência e Educação Ambiental, por exemplo e há também aquelas que apresentam propostas estruturadas de maneira a auxiliar e compartilhar experiências com o professor que deseja planejar este tipo de atividade.

A seguir apresentaremos uma amostra destes pontos de vista e suas principais colaborações sobre o tema experimentação.

Para Espinoza (2010), o experimento não tem intenção de motivar ou mostrar para o aluno como se produz o conhecimento científico, mas “representa, na verdade, uma estratégia para favorecer o aprendizado” (ESPINOZA, 2010, p.83). Porém, apenas propor experimentos não basta: a maneira como se propõe, as questões, as discussões e reflexões geradas, determinarão se realmente o experimento se constituirá em um recurso eficaz para o ensino. Diante disso, Espinoza (2010) afirma que o que está em jogo são as decisões didáticas que devem ser tomadas para a sua realização. Faz-se necessário refletir se as possibilidades oferecidas pelo experimento não são oferecidas ou, até mesmo, melhor oferecidas por outro(s) recurso(s) didático(s).

Já segundo o trabalho de Araújo e Abib (2003), as atividades experimentais correspondem a uma estratégia didática que pode propiciar, independente da disciplina e da modalidade de trabalho adotada, uma fonte de motivação para alunos e professores em sala de aula.

Para Giordan (1999), as atividades experimentais auxiliam na consolidação do conhecimento, além de ajudar no desenvolvimento cognitivo do aluno, e é consenso que a experimentação desperta o interesse entre os alunos, independentemente do nível de escolarização em que se aplica este tipo de atividade.

Francisco Jr. et al. (2008) apontam que as atividades experimentais devem permear as relações de ensino-aprendizagem, uma vez que estimulam o interesse de alunos em sala de aula e o engajamento em atividades subsequentes, assim, à medida que se planejam experimentos com os quais é possível estreitar o elo entre motivação e aprendizagem, espera-se que o envolvimento dos alunos seja mais vívido e acarrete evoluções em termos conceituais.

Hodson (1994) aprofunda-se mais em suas conclusões estabelecendo que em uma aula prática é importante que o aluno estabeleça conexões entre a atividade em questão e os conhecimentos conceituais relacionados, pois a única boa maneira de aprender ciência é praticando-a de maneira crítica e não decorando “receitas”. Assim, em uma aula experimental a maior parte do tempo deve ser destinada a reflexão e ao desafio cognitivo.

Em concordância com este posicionamento está Giani (2011), que defende que as discussões antes e depois da realização das atividades experimentais podem melhorar a aprendizagem quando é dado tempo para reflexão dos alunos, ou seja, quando lhes é dado tempo para pensar sobre as perguntas e procurar as respostas.

Sobre a necessidade de se usar discussões cotidianas em propostas experimentais, Guimarães (2010), salienta que a experimentação só é eficiente quando criada a partir de problemas reais, pois a ciência não pode ser ensinada como um dogma inquestionável, é preciso pensar, refletir, criticar em busca de explicações. No cenário do ensino de ciências escolar, é imprescindível que todos que compõem a equipe escolar estejam apoiando as propostas experimentais.

Marandino (2003) e Oliveira (2010) defendem que a experimentação pode contribuir para uma melhor qualidade de ensino, principalmente através de situações em que se confrontam os conhecimentos cotidianos do aluno aos conhecimentos teóricos; Oliveira (2010) salienta também que é necessário discutir a mobilidade da ciência, já que a experimentação tem sido encarada como uma forma metodológica para enfrentar o problema da baixa aprendizagem em ciências.

Para Axt (1991), utilizar os experimentos como ponto de partida para aprendizagem de conceitos é uma boa estratégia a ser explorada, pois para este autor “a maneira como a experimentação é utilizada joga um papel mais importante do que a própria experimentação em si” (AXT, 1991, p. 88).

Neste mesmo sentido, Machado (2004) defende que para uma aprendizagem eficiente em ensino de ciências e/ou Ensino de Química, deve-se pensar na ciência como “uma construção social que envolve versões diferentes sobre temas abordados” (MACHADO, 2004, p. 112) e ter “uma certa organização do discurso, uma certa maneira de falar, argumentar, analisar, observar e validar conhecimentos” (MACHADO, 2004, p. 112).

Machado (2004), usando a linha de pensamento de Johnstone (1993 e 2000), ainda salienta que todo conhecimento científico, independente da maneira como é construído, se com base na experimentação ou não, deve ser expresso segundo três tipos de níveis, o fenomenológico, o teórico e o representacional.

Quando se dá o enfoque no uso de metodologias experimentais deve-se ter em mente que no,

- Nível fenomenológico: incluem-se tanto os fenômenos que podem ser reproduzidos em laboratório quanto as vivências e ocorrências Químicas do

mundo social, as quais possibilitam que uma visão concreta do conhecimento seja experienciada pelos estudantes. Este nível pode contribuir também para promover habilidades específicas tais como controlar variáveis, medir, analisar resultados, construir gráficos, ou seja, falar e pensar sobre o mundo químico.

- Nível teórico (dimensão submicroscópica): tem função de explicar e fazer previsões relacionadas ao nível macroscópico (fenomenológico). Machado (2004) salienta que para que uma proposta experimental faça sentido para o aluno, é desejável manter uma estreita relação entre os níveis teórico e representacional (teoria e prática).
- Nível representacional: são as ferramentas simbólicas (modelos, equações, fórmulas) empregadas para representar a relação entre teoria e fenômeno.

Estas considerações vão ao encontro do trabalho de Hodson (1994) pois, segundo este autor, a experimentação pode ser associada a aspectos ou dimensões características do conhecimento de uma área científica, a saber.

**Dimensão conceitual:** Auxiliar os alunos a aprender (elementos de) ciências (área científica específica); **Dimensão epistemológica:** Aprender (elementos) sobre como a ciência (área científica específica) é construída e se desenvolve; **Dimensão metodológica:** Aprender (elementos) sobre como fazer ciências (área científica específica). (HODSON, 1994 apud RODRIGUES *et al.*, 2012, p.217)

Para intensificar a introdução do uso da experimentação em sala de aula, é preciso levar em consideração alguns aspectos citados por Hodson (1994), Gil Perez et al. (1999), Guimarães (2009), Oliveira (2010), tais como: o domínio de conceitos que os professores possuem, a correspondência das matérias às condições de ensino e de aprendizagem na realidade escolar, a adequação dos materiais às necessidades e habilidades dos alunos, a integração da experimentação ao ensino e a correção do material do ponto de vista conceitual.

Hodson (1994) acredita que esta forma de interpretar o mundo segundo os olhos da ciência caracteriza a prática científica, tornando o aluno capaz de solucionar suas investigações pessoais e apto a ser um investigador independente para a partir daí explorar a ciência (HODSON, 1994).

Sendo assim, a experimentação tem papel importante para a aprendizagem de ciências, mas não deve ser o único meio de aprendê-la, nem deve ser feita individualmente, pois além das metodologias alternativas de ensino, o diálogo entre

alunos e professores, e com a comunidade é imprescindível não somente para a experimentação, mas para a aprendizagem como um todo (HODSON, 1994).

Em suma, as aulas experimentais podem ser empregadas com diferentes objetivos e fornecer variadas contribuições no ensino e na aprendizagem de ciências. Algumas dessas contribuições, segundo Oliveira (2010), são: “Para motivar e despertar a atenção dos alunos”, “Para desenvolver a capacidade de trabalhar em grupo, a iniciativa pessoal e a tomada de decisão”, “Para estimular a criatividade”, “Para aprimorar a capacidade de observação e registro de informações”, “Para aprender: a analisar dados, propor hipóteses para os fenômenos, entender conceitos científicos”, “Para detectar e corrigir erros conceituais dos alunos”, “Para compreender a natureza da ciência e o papel do cientista em uma investigação, bem como as relações entre ciência, tecnologia e sociedade e aprimorar habilidades manipulativas” (OLIVEIRA, 2010, p. 141-146).

Para Praia et al. (2002), a prática científica pode ser vista como um processo composto por três fases, a criação, a validação e a incorporação do conhecimento.

Quando se faz o uso de atividades experimentais, deve-se alcançar com ela três objetivos centrais da experimentação a aquisição e o desenvolvimento de conhecimentos teóricos, o desenvolvimento da aprendizagem sobre a natureza entre a ciência e a sociedade e o desenvolvimento de conhecimentos técnicos, éticos, entre outros, sobre a investigação científica e a resolução de problemas (PRAIA, et al., 2002).

Ainda falando sobre as contribuições do uso de experimentação no ensino de ciências, segundo Cavalcanti, et al. (2013), uma boa estratégia para o Ensino de Química, é o uso de metodologia de resolução de problemas e experimentação. Com ela pode-se combinar conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais para: demonstrar e ilustrar princípios trabalhados, tornar a ação do educando mais ativa, permitir a colaboração de cooperação entre os alunos e professores e realizar investigações acerca do mundo científico e cotidiano.

Como vimos nesta pequena amostra de opiniões, muitos são os objetivos e intenções que podem fazer parte das prioridades do professor.

Independente da prioridade de uma atividade experimental, é necessário que se defina o tipo de trabalho a ser desenvolvido. É comum a utilização dos termos, Trabalho Experimental, Trabalho Prático e Trabalho Laboratorial como sinônimos, já que existe a

concepção de que todo trabalho prático é exercido no laboratório, e que todo trabalho de laboratório inclui experimentos.

Para melhor sistematizar esses conceitos, Dourado (2001), faz um resgate destes termos e os refina segundo alguns autores, como por exemplo Hodson (1988), que define o Trabalho Prático como um recurso didático à disposição do professor, que engloba todas as atividades em que o aluno está ativamente envolvido, individual ou coletivamente. Para ele, o Trabalho Prático inclui também o Trabalho Laboratorial. Podemos apontar como exemplos de trabalhos práticos: tarefas escritas, confecção de modelos, pôsteres e álbuns de recortes, assim como trabalhos no espaço da biblioteca.

Ainda segundo esse autor, o Trabalho Laboratorial, engloba toda a atividade desenvolvida no ambiente de Laboratório, ou com material de laboratório devido a isto, a organização deste tipo de trabalho com os alunos, é complexa e requer mais domínio e preparo do professor (HODSON, 1988).

O Trabalho Experimental, segundo Hodson (1988), inclui atividades que envolvem controle e manipulação de variáveis. Somente atividades que respeitem este critério são consideradas experimentais. Para Dourado (2001), o Trabalho Experimental e o Trabalho Laboratorial são dimensões do Trabalho Prático uma vez que o controle e a manipulação de variáveis também fazem parte do processo de desenvolvimento de outras Atividades Didáticas como as que envolvem outros recursos como os Problemas de Lápis e Papel.

Diante da utilização dos referidos termos, Rodrigues et al. (2012) criaram outra denominação para caracterizar uma atividade experimental desenvolvida em sala de aula, para os autores, o termo, “Experimentos Didático-Científicos” melhor se encaixa em alguns tipos de propostas de atividades na escola, pois entende-se que o Experimento corresponde a uma atividade didática que combina ações intencionalmente pensadas pelo professor para abordar o conjunto de elementos culturais selecionados, tornando-se científicos na medida em que se refere a conhecimentos construídos no âmbito da Ciência (RODRIGUES et al., 2012).

De acordo com Rodrigues et al. (2012), a definição de Experimentos Didático-Científicos é dada por montagens/dispositivos/aparatos que se referem a um determinado fenômeno ou processo, que são acompanhados de procedimentos empíricos, formando um conjunto com finalidades didático-pedagógicas.

Essas finalidades didático-pedagógicas estão associadas ao questionamento, seguido do estabelecimento de relações tomando a situação como objeto mediador, para culminar na resolução de problemas específicos. (LOPES, 2004).

Assim como há diferentes definições para os trabalhos experimentais, práticos e laboratoriais, há também algumas definições quando falamos do uso de laboratórios no ensino de ciências. Segundo Alves Filho (2000) há cinco tipos de laboratórios e práticas laboratoriais possíveis de serem realizadas nas escolas, são elas:

1. Laboratório de demonstrações ou de experimentos de cátedra: englobam experimentos que têm como objetivo ilustrar uma teoria. Nele o experimento é realizado pelo professor e o aluno atua como um observador.
2. Laboratório biblioteca: esta modalidade prioriza experimentos de rápida execução; são caracterizados por roteiros fechados cujos materiais necessários para execução do experimento encontram-se acondicionados em kits de fácil manuseio e manutenção.
3. Laboratório tradicional ou convencional: neste tipo de laboratório dá-se ênfase à verificação e comprovação de teorias, o aluno desenvolve a atividade com base em um roteiro do qual em geral deve-se durante o experimento anotar dados para, ao final da prática, interpretá-los por meio de gráficos e tabelas de comparação de resultados.
4. Laboratório divergente: este tipo de laboratório é caracterizado por uma ação mais direta do aluno. Nele o aluno tem autonomia para decidir a atividade a ser realizada, bem como os objetivos e o levantamento de hipóteses teste para o objetivo que se quer alcançar. Neste tipo de modalidade o professor é visto como um orientador, ou seja, tem o papel de auxiliar o aluno no que se refere a materiais conceituais.
5. Laboratório de projetos: esta modalidade é mais voltada para estudantes que já detêm certo conhecimento de técnicas e domínio de conteúdos. Em geral volta-se esta modalidade para o ensino universitário ou a cursos profissionalizantes, pois os alunos com este tipo de autonomia de conhecimentos podem até mesmo gerar um ensaio inédito em um laboratório de projetos.

Independentemente do tipo de trabalho (experimental, laboratorial, prático) cuja abordagem remete ao uso de experimentos ou a modalidade adotada no trabalho em laboratório (demonstração, biblioteca, tradicional, divergente ou de projetos), o contato

entre a abordagem teórica e a experiência pode ser feito no ambiente escolar, por meio de: Observação; Procedimentos Empíricos e Atividade Experimental, conforme aponta Lopes (2004).

As atividades do tipo Observação podem ser divididas em dois tipos, a saber: observação de situações e demonstração experimental.

O primeiro tipo faz referência à observação de situações especialmente montadas para efeito de visualização de um dado fenômeno. Nesse grupo também pode-se incluir atividades do tipo “visita de estudos”.

O segundo tipo consiste em atividades em que a execução experimental cabe ao professor, ou sob o seu controle visando: mostrar um fenômeno desconhecido, mostrar a montagem experimental utilizada em uma experiência, mostrar o funcionamento/evolução temporal de uma dada situação, ilustrar a relação entre grandezas, mostrar equipamento sofisticado e/ou caro, manusear equipamento perigoso (LOPES, 2004).

Atividades do tipo Procedimentos Empíricos podem ser divididas em dois tipos: Medição de grandezas e/ou parâmetros e Trabalho Laboratorial Restrito.

O primeiro tipo refere-se à utilização de equipamento laboratorial, segundo um protocolo relativamente rígido, consistindo na utilização de técnicas experimentais. Já o segundo tipo refere-se à utilização de equipamento de medida segundo um protocolo relativamente rígido, para medir grandezas e/ou parâmetros (LOPES, 2004).

Por fim as Atividades Experimentais, para Lopes (2004), englobam o uso da experimentação em qualquer dos seus níveis. Assim, podemos usar os tipos de experimentação apontados por Hodson (1994) e Oliveira (2010), para estabelecer resumidamente os principais tipos de experimentação que podem englobar as já descritas atividade de observação e de trabalhos empíricos apontadas por Lopes (2004), são tipo de atividades experimentais: as atividades de Observação, de Verificação e de Investigação.

Resumidamente, como já dito por Lopes (2004), as atividades do tipo Observação se referem a atividades em que, perante uma dada situação, é pedido que o aluno faça uma previsão; posteriormente ocorre o desenvolvimento da experiência pelo aluno e/ou professor e, ao final, os alunos registram e explicam o que observam, mediante auxílio ou não do professor, confrontando com a previsão inicial. Este tipo de atividade pode ser dividida em dois tipos, a observação de situações e a demonstração experimental.

Já as atividades de verificação, referem-se a atividades que geralmente apresentam um protocolo experimental rígido e a execução do Experimento pode ser feita pelos alunos sem grande acompanhamento do professor.

Por outro lado as atividades de investigação se referem a atividades em que a ênfase é dada a um problema, que deve ser relevante para o aluno, por eles apropriado e devidamente enquadrada pelo professor, consistindo dessa forma em uma pequena investigação dos alunos controlada pelo professor, com muito mais controle dos tempos e dos meios por parte dos alunos (OLIVEIRA, 2010).

Como dito anteriormente, os tipos de abordagens das atividades experimentais dependerão dos objetivos do estudo que se pretende realizar. Para sintetizar essa afirmação, destacamos o quadro proposto por Oliveira (2010), no qual a autora classifica as três modalidades de abordagens experimentais, segundo a atitude esperada dos indivíduos envolvidos, listando algumas vantagens e desvantagens do uso dessas abordagens. O Quadro 4, retirado na íntegra de Oliveira (2010), mostra as abordagens e as atitudes esperadas dos indivíduos submetidos a atividades experimentais.

**Quadro 4:** Abordagens para atividades experimentais

	<b>TIPOS DE ABORDAGENS PARA ATIVIDADES EXPERIMENTAIS</b>		
	<b>DEMONSTRAÇÃO</b>	<b>VERIFICAÇÃO</b>	<b>INVESTIGAÇÃO</b>
<b>PAPEL DO PROFESSOR</b>	Executar o experimento, fornecer as explicações para os fenômenos.	Fiscalizar a atividade dos alunos; diagnosticar e corrigir erros.	Orientar as atividades; incentivar e questionar as decisões dos alunos.
<b>PAPEL DO ALUNO</b>	Observar o experimento, em alguns casos, sugerir explicações.	Executar o experimento. Explicar os fenômenos observados.	Pesquisar, planejar e executar a atividade, discutir explicações.
<b>POSIÇÃO OCUPADA NA AULA</b>	Central, para ilustração ou após a abordagem expositiva.	Após a abordagem do conteúdo em aula expositiva.	A atividade pode ser a própria aula ou pode ocorrer previamente à abordagem do conteúdo.
<b>ALGUMAS VANTAGENS</b>	Demandam pouco tempo; podem ser integradas à aula expositiva; úteis quando não há recursos materiais ou espaço físico suficiente para todos os alunos realizarem a prática.	Os alunos têm mais facilidade na elaboração de explicações para os fenômenos; é possível verificar através das explicações dos alunos se os conceitos abordados foram bem compreendidos.	Os alunos ocupam uma posição mais ativa há espaço para criatividade e abordagem de temas socialmente relevantes; o “erro” é mais aceito e contribui para o aprendizado.

<b>ALGUMAS DESVANTAGENS</b>	A simples observação do experimento pode ser um fator de desmotivação; é mais difícil para manter a atenção dos alunos; não há garantia de que todos estarão envolvidos.	Pouca contribuição do ponto de vista da aprendizagem de conceitos; o fato dos resultados serem relativamente previsíveis não estimula a curiosidade dos alunos.	Requer maior tempo para a sua realização. Exige um pouco de experiência dos alunos na prática de atividades experimentais.
-----------------------------	--	---	--

Fonte: Oliveira (2010a, p.151)

Oliveira (2010) ainda destaca que pode-se obter bons resultados de aprendizagem se inicialmente se introduzir atividades de demonstração e verificação simples para que os alunos tomem conhecimento desse tipo de atividade/abordagem e, mais adiante, introduzir atividades que exijam mais dos alunos como as atividades investigativas.

As propostas de atividades experimentais de cunho investigativo são as mais recorrentes em anais de eventos e publicações. Dentre elas podemos encontrar propostas roteirizadas, abertas, fechadas, enfim, trabalhos como os de Ferreira et al. (2010), Francisco (2008) e Guimarães (2009), por exemplo, são facilmente encontrados nas Bases de Dados usando como palavras chave para busca: experimentação e ensino por investigação.

Há também a preocupação quanto ao que pensa o professor e os alunos de ensino médio sobre o assunto experimentação e seu uso em sala de aula ou laboratório nas escolas.

Desde o início da década de 1990, Axt (1991) aponta os principais empecilhos de se usar atividades experimentais no ensino. Segundo sua pesquisa, os professores da época alegavam a falta de equipamentos para laboratório e a falta de tempo hábil para preparação das aulas como os principais pontos que impediam a utilização de propostas experimentais no ensino de ciências.

Em uma dissertação de mestrado mais recente, Moura (2008) constata que ainda é possível se ouvir de professores reclamações como as apontadas por Axt (1991), mas que nos dias atuais observa-se que a experimentação, que por ora foi tida como a “salvação” do ensino de ciências, fracassou, pois as condições de trabalho não foram favoráveis, principalmente devido à falta de formação por parte do professor para trabalhar com este tipo de atividade.

Sendo assim, Moura (2008) aponta que para se fazer o uso de atividades experimentais, o professor e os alunos devem compreender a natureza da experimentação na escola, excluindo a ideia de que ao entrar em um laboratório ou fazer algum procedimento experimental o sujeito torna-se um cientista, sendo necessário também

adequar e objetivar o uso do experimento à realidade daquela comunidade escolar e ao tempo disponível para a execução do experimento em sala de aula (MOURA, 2008).

Quanto à questão pedagógica da experimentação, Moura (2008) alerta que entre os professores ouvidos as visões e virtudes pedagógicas da experimentação se dividiam em uso de aulas experimentais como comprovação de teorias e como forma de aprender fazendo ciência. Entendendo-se que, a primeira visão pedagógica apresentada, pode ajudar o aluno a memorizar termos mecanicamente, ao passo que também podem privilegiar aprendizagens mais duradouras como relacionar, argumentar, refletir e criticar os conhecimentos propostos pelo professor.

Já na segunda visão apresentada os professores mostraram acreditar que somente pelo fato de se manter contato com experimentos já faz com que ao aluno aprenda os conceitos e ganhe ferramentas para operar diante da ciência discutida, fato que pode se mostrar como inviável já que a aprendizagem significativa não é mecânica e sim necessita de interações e questionamentos para construção do conhecimento (MOURA, 2008).

Baratieri et al. (2008) preocupam-se em ouvir o que os alunos têm a dizer sobre o uso da experimentação. Em sua pesquisa ele foca seus estudos na opinião dos estudantes sobre o uso da experimentação nas aulas de Química do Ensino Médio. Segundo a resposta dos estudantes, as aulas experimentais desafiam o aspecto cognitivo, ajudam a fixar e internalizar as ideias e conceitos aprendidos, desde que planejadas com base em questões cotidianas, além de proporcionar maior interação entre os alunos e o professor.

Enfim pudemos perceber nestas considerações que tanto pesquisadores, como professores e alunos demonstram preocupação e interesse em atividades experimentais na escola.

Portanto, é necessária uma reformulação do uso de atividades de cunho experimental por parte dos professores, tendo em vista a necessidade de se objetivar o conhecimento a ser discutido em sala de aula de maneira que o aluno aprenda conteúdos de ciências e sobre a natureza das ciências, de maneira que eles encarem as atividades experimentais e as idas ao laboratório como uma das inúmeras formas de se aprender um pouco mais sobre a ciência envolvida em seu cotidiano (GRANDY, DUSCHL, 2007).

### **SEÇÃO 03 O USO DA EXPERIMENTAÇÃO NA ATUALIDADE: OS LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA DO PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO DIDÁTICO DE 2012 E A PROPOSTA CURRICULAR DO ESTADO DE SÃO PAULO<sup>30</sup>.**

A preocupação com a Química e o Ensino de Química no Brasil permeou as décadas após 1930 com as mais variados objetivos e somente após a década de 1970 preocupou-se com alguma padronização, devido a tendência em se preparar o aluno para o ensino superior e para o mercado de trabalho através o ensino técnico (BARRA e LORENZ, 1986).

Traços desta padronização seguiram ao longo dos anos e culminaram na criação de um Programa Nacional, no qual as preocupações se centraram nos livros didáticos que seriam massivamente distribuídos em escolas de todo território brasileiro.

O PNLD, (Programa Nacional do Livro Didático), teve sua origem com a edição do Decreto nº 91.542, de 19/08/1985, no qual instituiu-se que: os professores deveriam fazer a indicação do livro didático a ser utilizado nos próximos anos letivos; os estados não participariam mais financeiramente do programa; abolição dos livros descartáveis, ou seja a partir desta data os livros deveriam ser reutilizados ao longo dos anos. Por isso visou-se um aperfeiçoamento das especificações técnicas para a produção dos livros, buscando maior durabilidade e a extensão da oferta aos alunos de 1ª e 2ª séries das escolas públicas e comunitárias.

Devido a limitações orçamentárias, a partir de 1992 a distribuição dos livros é restrita até a 4ª série do ensino fundamental, e somente a partir de meados de 1995 a distribuição dos livros foi se dando de forma gradativa por todo ensino fundamental, contemplando obras de matemática e língua portuguesa. Em 1996 entram as obras de ciências e em 1997, as de geografia e história (BRASIL, 2012).

Entre os anos 2000 e 2006, os livros permaneceram sendo distribuídos por todo ensino fundamental, aliados à distribuição de dicionários e atlas para todos os alunos

---

<sup>30</sup> Usaremos como referência o material de 2009 disponibilizado pela Diretoria de Ensino de Bauru – SP. Salientamos que segundo consulta feita com uma Coordenadora da DE, este material sofreu poucas modificações (correções gramaticais e ortográficas) após esta data, por isto, não se altera os resultados aqui obtidos se a análise for feita em cadernos de outros anos.

regularmente matriculados. Há também a ampliação do atendimento e a inserção de livros em braile (BRASIL, 2012).

Somente em 2008 houve a universalização do livro para o ensino médio e a criação do PNLEM (Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio), no qual são adquiridos livros de história, Química, física e geografia, com sua primeira distribuição e complementação das demais áreas em 2009 (BRASIL, 2012).

Em 2010 adiciona-se a distribuição de material para língua estrangeira (inglês e espanhol) ao componentes curriculares de 6º a 9º ano e para o ensino médio. Neste momento também foram adicionados livros de filosofia e sociologia em volumes únicos e consumíveis no Ensino Médio (BRASIL, 2012).

Tendo em vista que a implantação dos livros didáticos brasileiros se deu de forma gradual, voltemos nosso olhar para o ano de 2008, quando foi estabelecida a implantação dos livros didáticos de Química pelo PNLEM.

A reposição dos livros vem sendo feita a cada ciclo de três anos. Desta forma os livros avaliados em 2008 adentraram as escolas em 2009 e permaneceram até 2011, ano em que foi feita a avaliação das novas coleções de livros de Química para o período de 2012 a 2014, portanto, os livros aos quais fazemos referência neste trabalho fazem parte da segunda geração de livros de Química implementados no Brasil.

No ano da avaliação dos livros que seriam inseridos nas escolas em 2012, foram avaliadas 19 coleções de Química e somente 5 atenderam os requisitos técnicos de qualidade (formato, matéria- prima, acabamento) exigidos pelo MEC (BRASIL, 2011).

Dos nove critérios pedagógicos relacionados ao contexto condizente com as questões contemporâneas do ensino e da educação, dois fazem menção ao uso de experimentos e da experimentação no Ensino de Química. Espera-se que os livros didáticos para serem aprovados pelo PNLEM 2012, atendam a este critério na medida que,

(8) Propõe experimentos adequados à realidade escolar, previamente testados e com periculosidade controlada ressaltando a necessidade de alerta acerca dos cuidados específicos para cada procedimento. (9) Traz uma visão de experimentação que se afine com uma perspectiva investigativa, que leve os jovens a pensar a ciência como campo de construção de conhecimento permeando por teoria e observação, pensamento e linguagem (BRASIL, 2011, p. 10)

Além destes dois pontos a serem avaliados nos livros didáticos, espera-se que o material que norteia o uso dos livros didáticos, ou seja, o manual do professor, atenda alguns pré-requisitos. Dos cinco requisitos avaliados, dois faziam menção à experimentação, a saber,

(4) Traz, em relação à experimentação, alertas bem claros sobre a periculosidade dos procedimentos propostos e oferece alternativas para a escolha dos materiais para tais experimentos (5) propõe atividades experimentais complementares (BRASIL, 2011, p. 15)

Ressalta-se ainda que apesar da avaliação dos livros seguir rigorosamente as normas do Edital, o professor é o responsável por escolher a coleção que melhor se adapte às suas necessidades. O grupo de avaliadores de 2011 ainda destaca que é interessante que o professor, antes de fazer sua escolha, interaja com seus colegas e com a direção da escola, buscando uma opinião comum; desta forma ele poderá trabalhar o conteúdo do livro escolhido parcial ou integralmente, sozinho ou em cooperação com outras disciplinas.

Como dito anteriormente, cinco coleções compõem o quadro de escolha de livros didáticos usados nos anos compreendidos entre 2012 a 2014; são elas:

- Química na Abordagem do Cotidiano, Editora Moderna de autoria de Eduardo Leite do Canto e Francisco Miragaia.
- Química – Meio Ambiente – Cidadania – Tecnologia, Editora FTD de autoria de Martha Reis
- Química, Editora Scipione de autoria de Andrea Horta Machado e Eduardo Fleury Mortimer
- Química para a Nova Geração – Química Cidadã, Editora Nova Geração cujos coordenadores responsáveis são Wildson Luiz Pereira dos Santos e Gerson de Souza Mól
- Ser Protagonista – Química, Edições SM, Autoria de Júlio César Foschini Lisboa.

A leitura das avaliações do Guia (BRASIL, 2011), mostra que as atividades experimentais estão presentes na maioria dos livros propostos pelo PNLEM com exceção da coleção “*Química para a Nova Geração Química Cidadã*” que não enfoca o trabalho experimental como metodologia de ensino.

Em todas as resenhas os avaliadores garantem que as propostas experimentais contidas nos livros respeitam a abordagem experimental investigativa, fato que pode ser preocupante, uma vez que não se tem acesso a ficha de avaliação e portanto não se sabe a definição de experimento investigativo usada pelos avaliadores. Além disso, alguns pesquisadores como Oliveira (2010), assumem que as propostas investigativas necessitam de maior empenho do aluno e devem ser inseridas em salas de aula já acostumadas com atividades experimentais demonstrativas ou verificacionistas.

Assim, podemos afirmar que há a preocupação em usar a experimentação como estratégia de ensino nos livros didáticos propostos para o período compreendido entre os anos de 2012 a 2014. Porém, devemos salientar que a decisão sobre o uso destas propostas experimentais contidas nos livros cabe ao professor atuante na escola; além disso é o professor que deve decidir se usará as propostas de maneira integral ou fazer adaptações aos experimentos ou a qualquer outro tipo de atividade trazida nos livros didáticos.

### **A experimentação nos cadernos de Química da Proposta Curricular do Estado de São Paulo.**

Antes de responder se há propostas experimentais nos Cadernos Proposta Curricular da Química do Ensino Médio, entendamos melhor o motivo pelo qual criou-se a referida proposta.

Segundo a seção *Apresentação ao Professor*, a Proposta Curricular do Estado de São Paulo dará subsídios aos profissionais que integram a rede estadual para que se aprimorem cada vez mais, pois é uma ação integrada e articulada entre os profissionais da educação e o Estado com o objetivo de organizar melhor o sistema educacional paulista (SÃO PAULO, 2008).

Segundo este documento, esta nova organização tem a intenção de preparar os alunos para um novo tempo, priorizando a competência de leitura e escrita, definindo a escola como espaço de cultura e de articulação de competências e conteúdos disciplinares (SÃO PAULO, 2008).

Para a criação desta “nova escola”, levantou-se o acervo documental e técnico pedagógico já existente no Estado e uniu-se às boas práticas existentes em salas de aula, com a intenção de criar uma “rede” de ensino integrando os saberes acadêmicos aos profissionais docentes, pois a diversidade cultural, econômica e tecnológica pode ser

ponto excludente mesmo levando-se em consideração apenas o estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2008).

Dessa forma, traçou-se seis princípios para a criação de uma nova escola com um currículo comprometido com seu tempo, são eles,

1. Formar uma escola que também aprende: a escola e a mente da comunidade escolar devem estar abertas a novas situações de aprendizado, ou seja, devem estar constantemente em formações continuadas e coletivas.
2. Um currículo visto como espaço de cultura: todas as atividades da escola devem ser curriculares, somente assim conseguir-se-á uma união entre cultura e conhecimento conectando o currículo escolar a vida do aluno.
3. As competências devem ser referência: um currículo referenciado em competências requer que a escola e o plano do professor indiquem o que o aluno vai aprender, assim fazer e usar esse currículo e garantir o mínimo necessário a se aprender independentemente da região ou cultura da qual o aluno faz parte.
4. A prioridade são as competências de leitura e escrita: o domínio do uso da linguagem (verbal, escrita, códigos, gráficos, etc.) representam a conquista da autonomia, permitindo a comunicação de ideias e a expressão de sentimentos necessários para a aprendizagem significativa e continuada.
5. A articulação das competências para aprender: deve-se instrumentalizar os alunos para a resolução de problemas e assim para a interpretação do mundo.
6. A articulação com o mundo do trabalho: o professor deve ter em mente que o aluno não tem como objetivo especializar-se em todas as áreas do conhecimento, mas ele deve ter uma base sólida que o permita entender e criticar alguns aspectos mais importante destas áreas, estando apto a tomar decisões sobre o que é melhor para sua vida.

Para atender a estes princípios, um currículo moderno deve, além de abranger as áreas de leitura e matemática, atender a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, na qual estão inseridos os conhecimentos químicos.

As Ciências da Natureza estão presentes sob muitas formas na cultura e na vida em sociedade, na investigação dos materiais, das substâncias, da vida e do cosmo. Do mesmo modo, elas se associam às técnicas, tomando parte em todos os setores de produção e de serviços: da agropecuária à medicina, da indústria

ao sistema financeiro, dos transportes à comunicação e informação, dos armamentos bélicos aos aparelhos domésticos (SÃO PAULO, 2008, p. 31).

Essa múltipla presença e a intensa produção e divulgação dos conhecimentos científicos e tecnológicos demandam de todos nós e principalmente dos estudantes do ensino médio, uma alfabetização científico-tecnológica.

Essa alfabetização científico-tecnológica deve buscar compor o desenvolvimento da cultura científica com a promoção de competências mais gerais ou habilidades mais específicas das disciplinas de Física, Química e Biologia, podendo o trabalho destas ser executados de maneira individual ou complementar entre si, visto que estas disciplinas têm em comum, conceitos, métodos e procedimentos, bem como critérios de análise, de experimentação e de verificação.

Na página 38 da Proposta Curricular da Química, pode-se encontrar uma tabela com as Competências Gerais e as Habilidades Gerais e Específicas esperadas no trabalho da área de Ciências da Natureza e suas tecnologias (SÃO PAULO, 2008).

Entre as habilidades e competências descritas, somente uma delas faz menção ao uso da experimentação, como podemos ver no Quadro 5, retirado na íntegra do quadro de Competências Gerais e Habilidades Gerais e Específicas, da página 38-39, da Proposta Curricular do Estado de São Paulo – Química, a seguir,

**Quadro 5:** Competência Geral e Habilidades Gerais e Específicas do uso da experimentação presentes na Proposta Curricular.

Competências gerais	Habilidades gerais e específicas		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar e intervir em situações reais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formular questões.</li> <li>• Realizar observações.</li> <li>• Selecionar variáveis.</li> <li>• Estabelecer relações.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpretar, propor e fazer experimentos.</li> <li>• Fazer e verificar hipóteses.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagnosticar e enfrentar problemas, individualmente ou em equipe.</li> </ul>

**Fonte:** Proposta Curricular do Estado de São Paulo – Química, p. 38.

Depois de tomar contato com a Nova Proposta e com a lista de Competências Gerais e Habilidades Gerais e Específicas, faz-se necessário que o professor de Química

objetive seu trabalho. Sendo assim, ele deve responder questões como: Por que estudar Química? e O que deve ser estudado em Química no Ensino Médio?

Segundo a Proposta, espera-se que o aluno use os conhecimentos químicos para tomada de decisões conscientes individuais e coletivas; por isso e para ajudar nas decisões dos professores, estabeleceu-se na Proposta Curricular do Estado de São Paulo que a disciplina Química deve ser estruturada segundo um tripé (SÃO PAULO, 2008).

O tripé proposto tem em suas extremidades as transformações Químicas, os modelos explicativos e os materiais e suas propriedades. Assim, o professor deve escolher o que ensinar baseando-se em temas relevantes que permitam a compreensão do mundo físico, social e econômico (SÃO PAULO, 2008).

Desta forma, propõe-se que na 1ª série do ensino médio se estude as Transformações Químicas e as propriedades que caracterizam as substâncias, as relações entre as quantidades de reagentes e produtos formados nas reações Químicas bem como a linguagem simbólica característica da Química (SÃO PAULO, 2008).

Na 2ª série deve-se estudar os materiais e suas propriedades, com ênfase na água e nos metais, considerando a importância social destas substâncias. Com o estudo integra-se a este tema, conteúdos de Química como o estudo das reações redox, as interações intermoleculares, o modelo de Rutherford, a quebra de ligações e a transferência de elétrons (SÃO PAULO, 2008).

Na 3ª série espera-se que o aluno revise os conhecimentos abordados anteriormente sempre que necessário e adquira novos conhecimentos sobre os sistemas e sobre as consequências de suas perturbações, podendo avaliar suas ações (SÃO PAULO, 2008).

Considerando estas orientações, a Proposta Curricular apresenta sequências didáticas para todas as séries do ensino médio, dividindo-as em quatro volumes para cada série. Em todos os volumes há uma carta destinada ao professor, na qual informa-se que ele pode fazer as modificações na sequência didática sempre que achar necessário, mas que deve estar ciente de que as sequências didáticas são montadas visando um objetivo maior, que pode ser desviado se modificado seu percurso.

Assim, o professor deve, antes de fazer qualquer modificação, conhecer o currículo em sua totalidade, pois uma modificação feita nas sequências didáticas no início

do ano culminará na necessidade de novas modificação ao longo do ano letivo e nos próximos anos.

Diante desta liberdade condicional, apresentamos no apêndice A, B e C os quadros com as propostas de experimentação contidas nas sequências didáticas, distribuídas ao longo dos cadernos de acompanhamento destinados aos professores da rede pública do estado de São Paulo de todas as séries do ensino médio, ou seja os cadernos da Proposta Curricular do Estado de São Paulo.

Com a análise das propostas experimentais pode-se observar que experimentação está presente na maior parte dos cadernos. Mesmo considerando que alguns volumes não apresentam situações destinadas à experimentação, eles apresentam dados de experimentos coletados em laboratório para análise de tabelas e gráficos durante as atividades das aulas, fato que comprova a estreita relação entre a linguagem da experimentação e a linguagem Química.

Outro fator que podemos destacar é a preocupação com o tipo de atividade experimental apresentada aos alunos. Em concordância com Oliveira (2010), é somente ao final do ciclo que são apresentadas as atividades experimentais mais complexas, como as atividades de investigação.

Como se pode ver, somente ao final da terceira série é apresentada uma proposta investigativa e sem roteiro para execução do experimento; nas séries anteriores as propostas apresentavam roteiros fechados e/ou questões para guiar a experimentação que, apesar de haver a possibilidade de se abordá-las de maneira investigativa, em sua maioria eram propostas como verificação ou demonstrações de teorias.

A própria Proposta (SÃO PAULO, 2008) reconhece que uma aprendizagem significativa de Química integrada ao cotidiano se faz com o envolvimento de alunos e professores e para isso é preciso que:

- i. O professor dê voz ativa para os alunos.
- ii. O professor auxilie o aluno na reformulação de ideias.
- iii. As classes sejam organizadas e mantidas com um número pequeno de alunos.
- iv. O professor passe maior tempo de contato com os alunos e na escola após as aulas.

- v. Se disponha de oportunidades de formação continuada, grupos de estudo, participação em eventos para todos os professores da rede pública.

Infelizmente a realidade escolar do Estado de São Paulo apresenta salas lotadas, com classes de Ensino Médio, principalmente no período noturno, saturadas com mais de 40 alunos (PALLONE, 2011). Os professores, para completar sua carga horária máxima precisam lecionar em duas ou mais escolas, não tendo o tempo necessário para estar em maior contato com os alunos do que nos 100 min semanais destinados às duas aulas de Química estabelecidas pela grade curricular. Além disso muitas vezes precisam de acompanhamento psicológico para lidar com os “problemas extras” da sala de aula, que acabam os desmotivando e comprometendo sua saúde e seu trabalho como formadores.

Assim, na maioria das vezes o motivo de não se usar a experimentação nas salas de aula de Química não vem da falta de roteiros ou de materiais, visto que os roteiros se encontram descritos nos cadernos da Proposta (SÃO PAULO, 2008) e os principais materiais de laboratório são distribuídos pelo governo de tempos em tempos.

Em geral os motivos de não usar a experimentação se centram na falta de tempo, para a preparação das aulas experimentais, para a execução comentada dos roteiros e na falta de espaço físico que comporte todos os alunos em laboratório didático, como se ouve em conversas com professores de Química das escolas públicas do estado e também pode-se observar nas conclusões do trabalho de Moura (2008).

## O QUE OBSERVAMOS? QUAL O PAPEL DA EXPERIMENTAÇÃO PARA O ENSINO DE QUÍMICA BRASILEIRO?

Para clarificar as ideias, passemos para o quadro 6, que sintetiza as ideias de experimentação no Ensino de Química brasileiro apresentadas durante as discussões deste capítulo.

**Quadro 6:** Síntese sobre o papel da experimentação para o Ensino de Química brasileiro.

<b>Período</b>	<b>Descrição do uso da experimentação</b>
Antes de 1950	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Os conhecimentos de Química eram abordados de modo prático, dominada por práticas extrativistas e mineralógicas o químico era um profissional de pouco prestígio profissional.</li> <li>• No ensino secundário negligenciava-se a experimentação.</li> </ul>
1960 a 1970	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumenta-se a carga horária de Ensino de Química nas escolas.</li> <li>• Importa-se materiais didáticos dos EUA e Inglaterra, estes materiais eram ricos em propostas experimentais.</li> <li>• Os materiais importados ajudam a suprir as deficiências das escolas brasileiras.</li> <li>• As atividades de experimentação dos materiais promoviam uma ideia de ciência fantástica e aventureira, mecânica, repetitiva, apolítica e inquestionável (formação de mini cientistas).</li> </ul>
1980	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A experimentação foi desvalorizada, focou-se em exercícios de lápis e papel e na unificação dos vestibulares.</li> </ul>
A partir de 1990	<p>A experimentação passa a ser estudada como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Metodologia para a construção de ideias;</li> <li>• Fonte de motivação</li> <li>• Estratégia que favorece o aprendizado;</li> <li>• Forma de desenvolver o lado cognitivo dos alunos;</li> <li>• Engajamento em outras atividades;</li> <li>• Forma de estabelecer conexões entre atividade e conceito;</li> <li>• Reflexão e desafio cognitivo;</li> <li>• Forma de confrontar conhecimentos científicos e cotidianos;</li> <li>• Forma de desenvolver a argumentação;</li> <li>• Ponto de partida para as aulas;</li> <li>• Forma de habilitar o trabalho com ferramentas simbólicas (medir, analisar, construir gráficos);</li> <li>• Dimensões: conceitual, epistemológica e metodológica;</li> <li>• Trabalho: prático, laboratorial, experimental e como experimento didático científico;</li> <li>• Demonstração de fenômenos;</li> <li>• Verificação de hipóteses;</li> <li>• Investigação acerca de um problema;</li> <li>• Atividade complementar;</li> <li>• Forma de intervir em situações reais (formular, diagnosticar e estabelecer relações)</li> </ul>

Fonte: Prado (2015)

## **CAPÍTULO IV A EXPERIMENTAÇÃO NOS LIVROS DIDÁTICOS DO PROGRAMA NACIONAL 2012-2014: UM EXEMPLO HISTÓRICO, O TRABALHO DE LAVOISIER.**

Neste capítulo nos ocuparemos inicialmente em identificar todos os experimentos contidos nos livros didáticos propostos pelo PNLEM 2012 (BRASIL, 2011) e faremos uma análise para compreender o papel da experimentação atribuído a estes materiais com base na literatura estudada nos capítulos anteriores.

Em uma segunda etapa, diante do levantamento dos experimentos, buscaremos pelas propostas que abordam o tema *combustão e composição do ar atmosférico*, usando como pano de fundo o levantamento da história da Química feito no segundo capítulo deste trabalho.

Para isto usaremos a análise de conteúdo (BARDIN, 2006) como metodologia de pesquisa, respeitando os critérios de busca, escolha e análise de dados citados neste referencial.

### **A ANÁLISE DE CONTEÚDO COMO METODOLOGIA DE PESQUISA.**

Segundo Bardin (2006), qualquer material que se queira analisar, seja ele do meio impresso, eletrônico ou fonográfico, deve passar por uma criteriosa organização. Compete ao pesquisador a fase de organização a escolha dos documentos e a formulação de hipóteses e objetivos.

Em linhas gerais, a análise de conteúdo apoia-se em procedimentos sistemáticos de descrição do conteúdo de mensagens, visando obter indicadores que permitam a inferência de conhecimentos relativos a condições de recepção e produção destas mensagens. A escolha do material é a primeira das três fases de uma análise, a chamada “Pré - análise”. Nela espera-se que o pesquisador faça primeiramente uma “leitura flutuante” para se familiarizar com o documento e o caracterize segundo algumas regras como a da homogeneidade, da pertinência e da exaustividade (BARDIN, 2006).

Todas estas regras garantem maior confiabilidade na análise, pois formam um *corpus* sólido, no qual todos os documentos de interesse são adequados e válidos, sendo analisados de maneira igualitária, sob os mesmos critérios.

Os critérios, segundo Bardin são estabelecidos a partir de uma formulação de hipóteses e objetivos criados anteriormente por um quadro teórico; a esta parte da análise dá-se o nome de “Exploração do material”, em outras palavras, é o início da manipulação dos recortes e criação de codificação ou seja faz-se o tratamento dos dados brutos.

Após a exploração do material, o pesquisador necessita interpretar os resultados, fazendo suas devidas inferências e dando significados aos dados obtidos no decorrer da análise; cria-se uma organização por classificação e categorias (BARDIN, 2006).

Esteban (2010) segue a mesma linha de pensamento quando aborda a análise de conteúdo em educação, chegando a nomear as etapas de uma análise em: organização do material de trabalho, definição de unidades de registro, delimitação do tema e definição de categorias para se fazer uma análise final, podendo ser esta de natureza qualitativa e/ou quantitativa segundo o interesse do pesquisador.

Sendo assim, nossa análise respeitou os critérios de Bardin (2006) e Esteban (2010) quando escolhemos o material a ser analisado, os livros didáticos do PNLEM 2012.

Fizemos uma primeira leitura e levantamos todas as propostas experimentais contidas nestes livros. Serviram de referência para esta etapa da análise a busca pelas palavras: *experimento*, *experimentação* unidas as palavras, *verifica(r)*, *demonstra(r)* e *investiga(r)*.

Seguindo o referencial estudado no capítulo III, construímos uma ficha de avaliação (ver apêndice D), nela forma criados itens e subitens como:

1. Planejamento da Proposta Experimental: 1.1 Interesse Metodológico, 1.2 Apresentação da Proposta e 1.3 Local da proposta no capítulo.
2. Planejamento para montagem/execução da proposta: 2.1 Local indicado para realização da atividade, 2.2 Material indicado e 2.3 Responsável pela execução da atividade.
3. Planejamento pós experimento: 3.1. Solicitado para o aluno, “O que fazer com as observações e dados coletados?”

Ao construir o item 1 nossa intenção era a de categorizar as atividades experimentais em propostas de verificação/observação, demonstração/explicação e Investigação, buscando por alguma relação entre estas e a apresentação de roteiros fechados, roteiros abertos, imagens ilustrativas de todas as etapas do experimento e ou imagens do tipo fotografia para a observação de resultados, sem a necessidade de reproduzi-los e, por último, verificar se havia alguma relação entre o tipo de abordagem experimental e sua local do capítulo estudado.

O item 2 foi desenvolvido com a intenção de mapear as condições físicas necessárias para o desenvolvimento da proposta experimental, por isto neste item incluem-se os subitens, local indicado para realização da atividade, material necessário e responsável pela execução do experimento.

Por fim, o item 3 foi desenvolvido para traçar a expectativa de retorno dos alunos, para isto analisamos as questões e orientações ao final do experimento, classificando-as como: responder questionário, discutir as observações e construir gráficos ou fazer cálculos.

Acreditamos que com esta ficha de avaliação construiremos um panorama sobre a experimentação nos livros didáticos do PNLEM 2012 traçando suas principais características.

Baseados em nossas categorias e seguindo o referencial sobre experimentação estudado, construímos as fichas de avaliação que podem ser vistas nos apêndices E, F, G, H e I.

Em um segundo momento voltamos nosso foco para um tema em particular, as reações de combustão e a constituição do ar atmosférico segundo Lavoisier, para buscar os contornos da experimentação e sua possível relação com o episódio histórico descrito no capítulo dois deste trabalho.

Para esta segunda etapa da análise também usamos como metodologia a análise de conteúdo (BARDIN, 2006), mas desta vez como critério de busca durante a leitura flutuante as palavras, *Lavoisier*, associada às palavras, *flogisto*, *ar atmosférico*, *lei da conservação das massas e reação de combustão*.

Os resultados destas duas análises se encontram a seguir.

## A EXPERIMENTAÇÃO NO PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO DIDÁTICO PARA O ENSINO MÉDIO.

Antes de iniciarmos nossa apresentação de resultados, gostaríamos de salientar que concordamos com Borges (1982) quando diz que “a análise dos livros didáticos não é apenas uma forma de levantar os dados positivos e negativos que auxiliam quem deve selecioná-lo mas uma maneira de evidenciar uma tendência do ensino que está chegando aos alunos” (BORGES, 1982, p. 7 apud GUÇÃO et al., 2008, p. 5).

Não queremos com esta análise apontar os livros “bons” ou “ruins” no quesito experimentação, visto que este não é um fator analisável devido a diversidade das abordagens metodológicas no ensino de ciências. Queremos apenas fazer um diagnóstico de como os livros didáticos atuais abordam a questão da experimentação.

Como já apresentamos no final do capítulo 3, o Programa Nacional do Livro Didático/ Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio, o PNLD/PNLEM 2012 (GUIA, 2011), propôs cinco coleções de livros didáticos de Química, para uso nas escolas no período de 2012 a 2014; relembremos seus títulos,

### **Quadro 7:** Títulos da coleções de Química do PNLEM 2012.

<p>FONSECA, Martha R. M. Coleção Química Meio Ambiente Cidadania e Tecnologia – 1ª edição – São Paulo: FTD, 2010. (Volume 1)</p> <p>FONSECA, Martha R.M. Coleção Química Meio ambiente Cidadania e Tecnologia. - 1ª edição – São Paulo: FTD, 2010. (Volume 2).</p> <p>FONSECA, Martha R.M. Coleção Química Meio ambiente Cidadania e Tecnologia. - 1ª edição – São Paulo: FTD, 2010. (Volume 3)</p> <p>LISBOA, J. C. F. Química, 1º ano: ensino médio/ org. Júlio Cezar Foschini Lisboa – 1. Ed. – São Paulo: Edições SM, 2010 (Coleção Ser Protagonista)</p> <p>LISBOA, J. C. F. Química, 2º ano: ensino médio/ organizador Júlio Cezar Foschini Lisboa – 1. Ed. – São Paulo: Edições SM, 2010 (Coleção Ser Protagonista)</p> <p>LISBOA, J. C. F. Química, 3º ano: ensino médio/ organizador Júlio Cezar Foschini Lisboa – 1. Ed. – São Paulo: Edições SM, 2010 (Coleção Ser Protagonista)</p> <p>MORTIMER, Eduardo F. Química 1: ensino médio/ Eduardo Fleury Mortimer, Andréa Horta Machado. – São Paulo: Scipione, 2010.</p> <p>MORTIMER, Eduardo. F. Química, 2: ensino médio/ Eduardo Fleury Mortimer, Andréa Horta Machado. – São Paulo: Scipione, 2010. 296p.</p> <p>MORTIMER, Eduardo. Química, 3: ensino médio/ Eduardo Fleury Mortimer, Andréa Horta Machado. – São Paulo: Scipione, 2010.296p.</p> <p>PEQUIS. Química cidadã: materiais, substâncias, constituintes, Química ambiental e suas implicações sociais, volume 1: ensino médio/ Wildson Luiz Pereira dos Santos,</p>
---

Gerson de Souza Mól, (coord.) – 1ed. – São Paulo: Editora AJS, 2012 – (Coleção Química para a nova geração).

PEQUIS. Química cidadã: materiais, substâncias, constituintes, Química ambiental e suas implicações sociais, volume 2: ensino médio/ Wildson Luiz Pereira dos Santos, Gerson de Souza Mól, (coord.) – 1ed. – São Paulo: Editora AJS, 2012 – (Coleção Química para a nova geração).

PEQUIS. Química cidadã: materiais, substâncias, constituintes, Química ambiental e suas implicações sociais, volume 3: ensino médio/ Wildson Luiz Pereira dos Santos, Gerson de Souza Mól, (coord.) – 1ed. – São Paulo: Editora AJS, 2012 – (Coleção Química para a nova geração).

PERUZZO, Francisco M. Química na abordagem do cotidiano/ Francisco Miragaia Peruzzo, Eduardo Leite do Canto. – 4 ed. – São Paulo: moderna, 2006. V.1 Química geral e inorgânica.

PERUZZO, Francisco M. Química na abordagem do cotidiano/ Francisco Miragaia Peruzzo, Eduardo Leite do Canto. – 4 ed. – São Paulo: moderna, 2006. V.2 Físico Química.

PERUZZO, Francisco M. Química na abordagem do cotidiano/ Francisco Miragaia Peruzzo, Eduardo Leite do Canto. – 4 ed. – São Paulo: moderna, 2006. V.3 Química Orgânica.

**Fonte: Prado (2015)**

Apresentaremos a seguir os resultados de uma primeira pesquisa, cujo objetivo foi fazer um levantamento das propostas experimentais contidas nos livros didáticos em questão, buscando entender qual o papel da experimentação nestes livros.

As propostas experimentais foram avaliadas segundo algumas categorias, como é recomendado por Bardin (2006) e Esteban (2010). Nossa ficha de avaliação (apêndice D) incluiu uma classificação sobre o tipo de abordagem metodológica. Nela observamos a modalidade de experimentação, a apresentação da proposta e a local do capítulo.

Classificamos também a questão do planejamento e da montagem do experimento, observando as orientações sobre a escolha de local, material e indivíduo apto para realização do experimento.

Por fim procuramos montar uma categoria para observar o que se solicita que o aluno faça com os dados coletados durante a experimentação, como por exemplo, responder questionários, construir gráficos, cálculos e discutir as observações com grupo de alunos ou professor.

Para maior detalhamento das propostas experimentais contidas em cada livro analisado, sugerimos que o leitor consulte os apêndices E, F, G, H, e I, onde se pode encontrar essas análises na íntegra.

Por ora nos ocuparemos com os dados quantitativos, ou seja, para sistematizar a leitura dos dados obtidos, apresentaremos as médias aritméticas das porcentagens finais das análises de todas as categorias que propomos na primeira análise.

Para finalizar faremos uma comparação entre o discurso dos autores<sup>31</sup> sobre a experimentação e os dados obtidos na análise.

Por questões de organização, apresentaremos os livros seguindo a ordem alfabética de títulos, assim, segundo nossa análise, os volumes das coleções que apresentam propostas experimentais são:

**Quadro 8.** Organização de apresentação dos livros PNLEM 2012 e número de experimentos por volume.

Análise Completa	Título da Coleção	Nº de Propostas Experimentais			Total
		V.1	V.2	V.3	
Apêndice E	Química	14	19	4	37
Apêndice F	Química Coleção Ser protagonista	18	19	17	54
Apêndice G	Química- Meio ambiente- Cidadania- Tecnologia	11	9	3	23
Apêndice H	Química na abordagem do cotidiano	9	12	3	29
Apêndice I	Química para a nova geração- Química cidadã	16	9	3	28
<b>Média de propostas experimentais por volume</b>		<b>14</b>	<b>14</b>	<b>6</b>	

Fonte: Prado (2015)

Fazendo uma média aritmética do número de experimentos por livro, chegamos à conclusão que na **primeira série do ensino médio** as obras propõem cerca de 14 experimentos aos alunos, sendo estes em sua maioria de cunho verificacionista (55,62%) e/ou de demonstração (17,54%) (26,84%), como se pode ver no apêndice J.

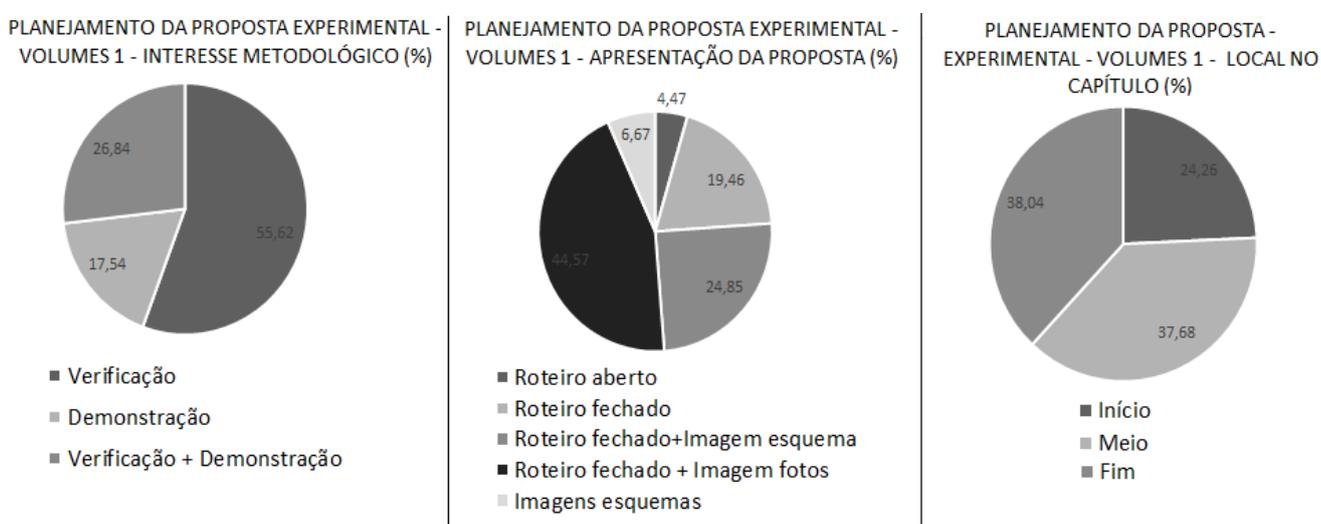
Cerca de 44,57% das propostas experimentais são feitas a partir de roteiros fechados associados a imagens do tipo fotografia do resultado esperado. São apresentados. Aliados aos roteiros fechados esquemas ilustrativos das etapas do experimento correspondem a 24,85% do total das atividades, restando cerca de 19,46% das propostas apresentadas exclusivamente através de roteiros fechados. A apresentação das propostas através de roteiros abertos e fotografias representam somente 6,67% das

<sup>31</sup> O discurso dos autores a que nos referimos são encontrados nas seções “Apresentação do livro”, “Conheça a estrutura do livro” “A Organização do livro”, “Como a obra está organizada”, “Estruturas dos capítulos dos livros”, onde os autores fazem a apresentação de suas obras e trazem os objetivos de cada seção contida nos livros, é importante destacar que todos mencionam o objetivo da experimentação nesta apresentação.

atividades e apresentações do tipo esquemas de imagens sem roteiros representaram 4,47% das propostas experimentais.

Observamos também que em média 38,04% das propostas experimentais dos livros de volume 1, são apresentadas ao final dos capítulos, afirmando seu caráter verificacionista; 37,68% das propostas experimentais são apresentados no meio do capítulo de forma demonstrativa ou verificacionista como já salientamos, restando cerca de 24,26% do percentual das atividades sendo apresentados logo no início dos capítulos com este mesmo caráter.

**Figura 3:** Dados da análise do Planejamento da Proposta Experimental, categoria *Metodologia* em gráficos



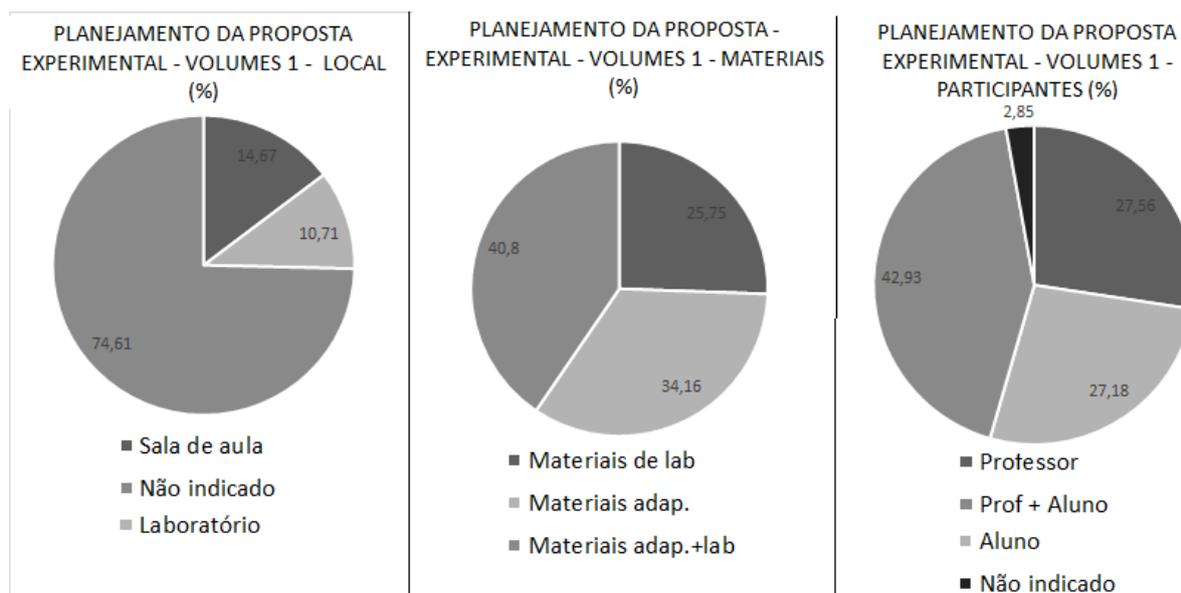
**Fonte:** Prado (2015)

No quesito planejamento de material e de execução das atividades, destaca-se o uso de materiais de laboratório aliados a materiais adaptados, representando uma média de 40,08% das propostas. Segundo nossa análise, 34,16% das atividades propõe o uso de materiais adaptados para realizar o experimento e 25,75% das propostas requerem o uso de material exclusivo de laboratório.

Em média 42,39% das propostas indicam a execução do experimento em conjunto aluno e professor, 27,56% das propostas aconselham que somente o professor deve executar o experimento de forma demonstrativa, devido a periculosidade envolvida no procedimento e 27,18% podem ser feitos pelos alunos em grupo ou individualmente, em geral estas propostas podem até mesmo ser feitas em casa devido ao tempo necessário para sua observação, que pode ultrapassar dias.

Quanto ao local indicado para realizar as atividades, a maioria dos livros, cerca de 74,61%, deixa a critério do professor esta escolha, sob ressalva de atividades demonstrativas de maior periculosidade indicadas para execução em laboratório equipado (10,71%) e cerca de 14,67% indicadas para execução em sala de aula, visto que são atividades que não comprometem o andamento da aula.

**Figura 4:** Dados da análise do Planejamento da Proposta Experimental, categoria *Montagem/execução* em gráficos

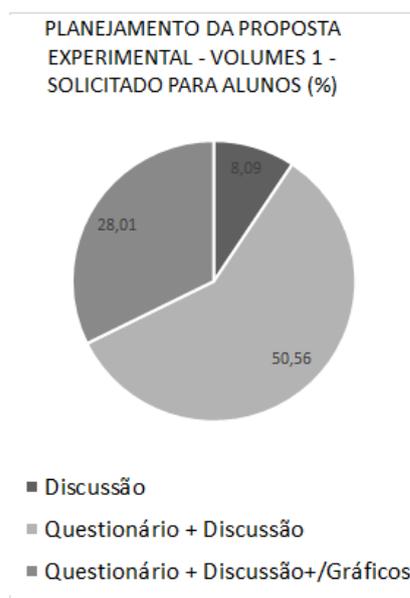


Fonte: Prado (2015)

O último quesito analisado foi quanto às observações e considerações finais que devem ser feitas pelos alunos após a realização da atividade experimental. Nos livros da primeira série do ensino médio, cerca de metade das propostas (50,56%) solicitavam que primeiramente o aluno discutisse os resultados e observações com os colegas e com o professor e em um segundo momento sintetizasse suas respostas no caderno, tendo para isso um questionário como guia.

Cerca de 28,01% das propostas, apresentavam a necessidade de construir gráficos, tabelas e realizar cálculos após a experimentação, Houve ainda propostas que solicitavam apenas que os alunos discutissem suas observações com a sala, 8,09% equivalem a este tipo de solicitação nas propostas experimentais dos volume 1 das coleções.

**Figura 5** Dados da análise do Planejamento da Proposta Experimental, categoria *Solicitado para os alunos* em gráficos



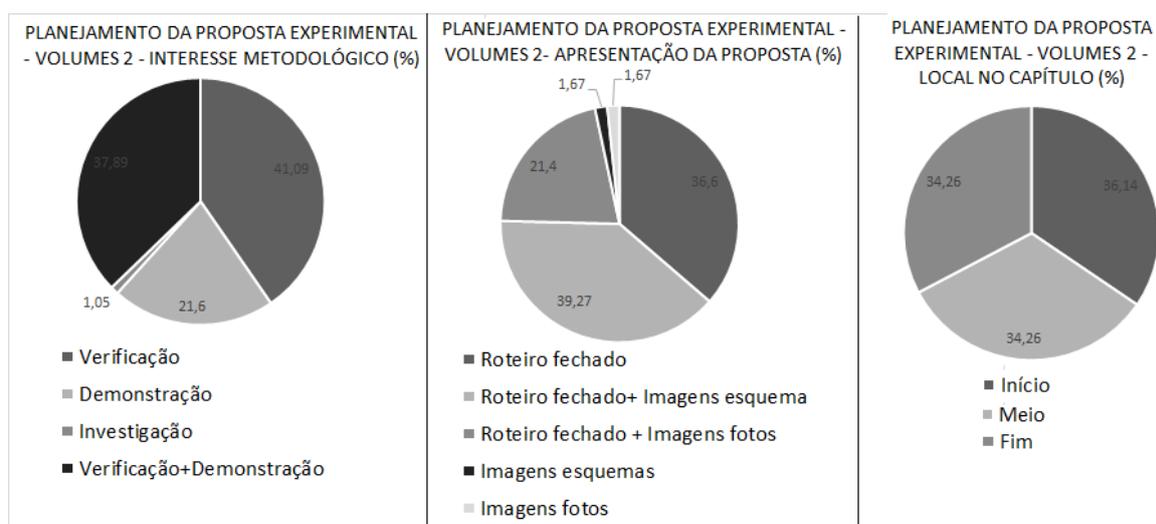
Fonte: Prado (2015)

Para os volumes da **segunda série do ensino médio**, também obteve-se uma média de 14 experimentos por livro. Diante das propostas experimentais destacam-se as de verificação, com uma média de 41,09%, seguidas das propostas de demonstração e verificação com 37,89% e das propostas exclusivamente demonstrativas 21,60%. Foi observada apenas uma proposta investigativa equivalente a 1,05% no total de propostas. Uma tabela com a média das porcentagens obtidas para os livros volume 2 pode ser consultada no apêndice H.

39,27% das atividades são propostas através de roteiros fechados associados a imagens esquemáticas da experimentação. 36,60% dos experimentos possuem apenas um roteiro do tipo fechado como orientador para a realização do experimento, 21,40% das propostas unem a apresentação de roteiro fechado a imagens do tipo fotografia de algumas etapas do experimento, 1,67% apresentam apenas esquemas de imagens do experimento e 1,05% apresentam somente fotos ilustrativas do experimento descrito, não havendo a necessidade de realizá-lo em aula.

Há um equilíbrio entre a posição das atividades experimentais nos capítulos dos livros. 36,14% das propostas experimentais são colocadas logo no início dos capítulos, 39,27% na metade e 21,40% ao final dos capítulos.

**Figura 6:** Dados da análise do Planejamento da Proposta Experimental, categoria *Metodologia* em gráficos



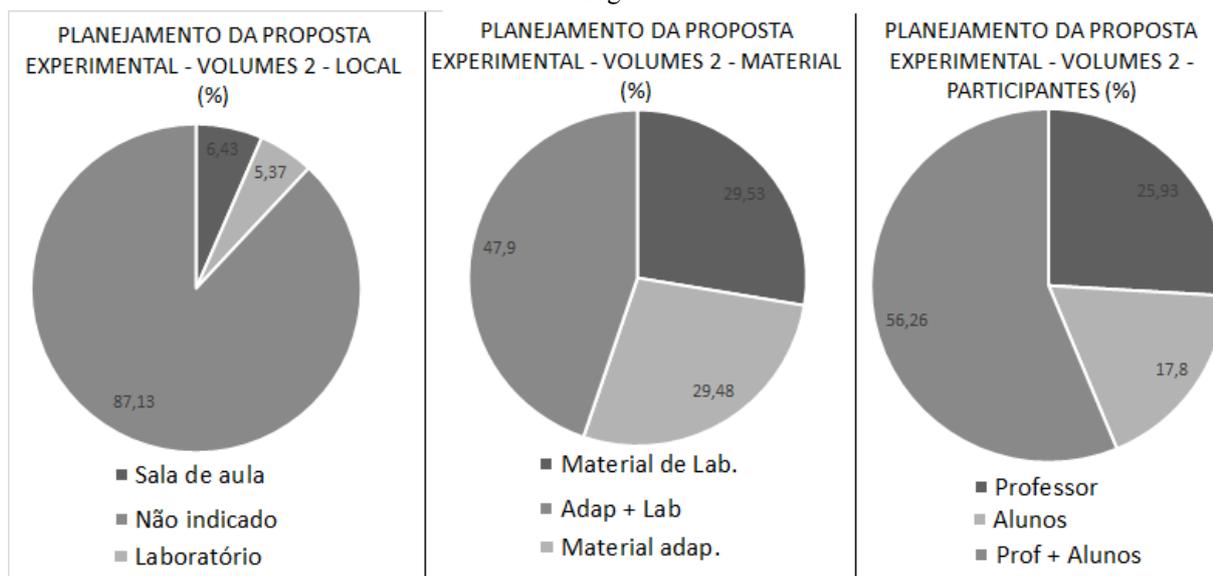
Fonte: Prado (2015)

No quesito planejamento e execução das atividades, não houve mudanças significativas em relação aos livros volume 1, a maior parte das atividades, cerca de 87,13% deixam a critério do professor a escolha do local para realização das propostas, ficando apenas 5,37% indicações para o uso de laboratório didático e 6,43% de indicações para o uso da sala de aula exclusivamente.

A indicação do uso de materiais de laboratório associada a materiais adaptados e fáceis de serem encontrados continua forte, 47,90% das propostas sugeriam este tipo de material em contrapartida com 29,53% que sugeriam materiais exclusivos de laboratório e 22,48% que faziam o uso apenas de materiais adaptados.

No volume 2, a interação professor e aluno para a execução das propostas se mantém em níveis semelhantes ao volume 1. 56,26% das atividades solicitam o trabalho conjunto de professor e aluno, 25,93% destinam a execução da atividade somente ao professor e 17,80% se destinam aos alunos.

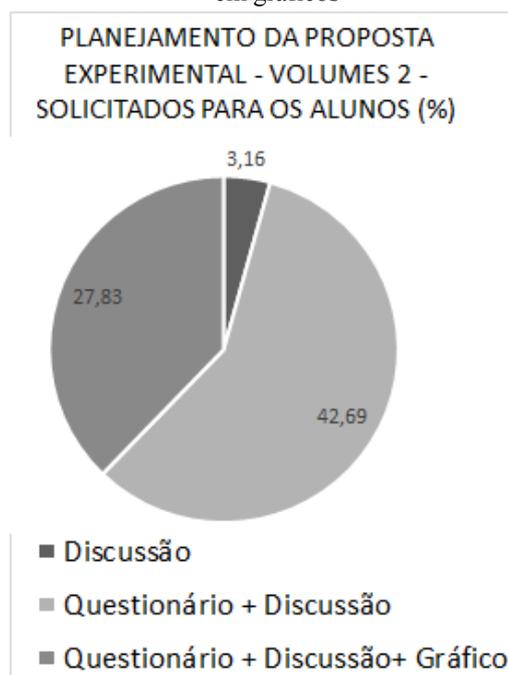
**Figura 7:** Dados da análise do Planejamento da Proposta Experimental, categoria *Planejamento/execução* em gráficos



Fonte: Prado (2015)

Mais uma vez, no quesito considerações e observações esperadas do aluno, há a liderança de solicitações que envolvem discussão e sistematização das ideias em questionários. Estas propostas equivalem a 42,69% do total, contra 27,83% do total de atividades que envolvem construção de gráficos, tabelas e cálculos. Além do uso dos questionários e discussões, neste volume também há atividades que solicitaram apenas resolução de cálculos 6,31% ou apenas discussões em sala 3,16%.

**Figura 8:** Dados da análise do Planejamento da Proposta Experimental, categoria *Solicitado para o aluno* em gráficos



Fonte: Prado (2015)

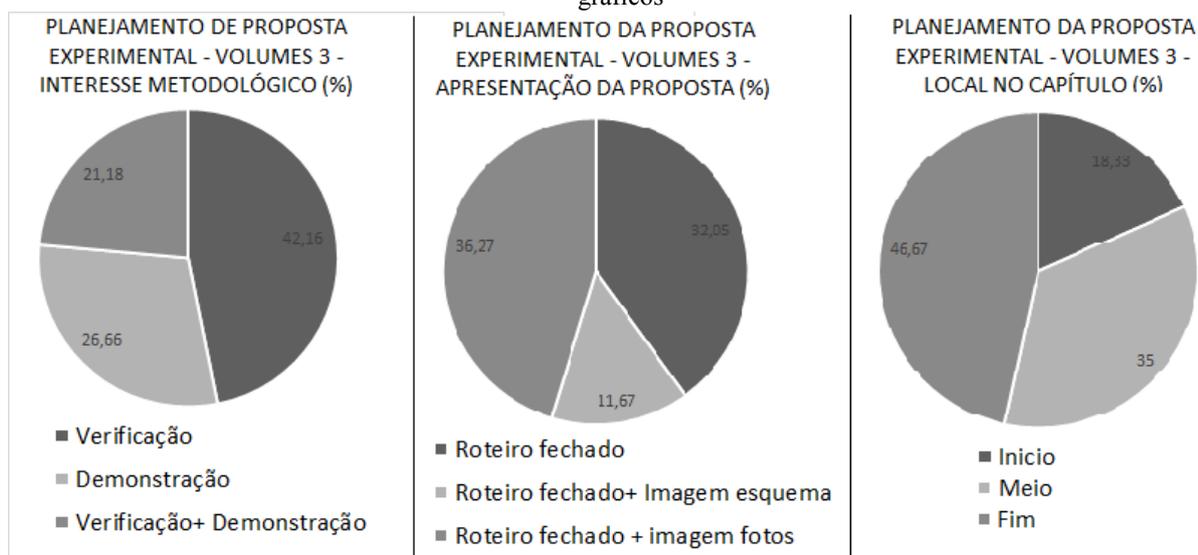
Na **terceira série do ensino médio**, há uma queda brusca na média de experimentos propostos. Com exceção do livro *Química Coleção Ser Protagonista - volume 3*, todos os livros apresentaram menos de cinco propostas experimentais, o que nos leva a uma média de 3 propostas experimentais para estes volumes. No apêndice I encontra-se uma tabela com a média aritmética das porcentagens das categorias propostas na análise.

Dentre estas propostas destacam-se as atividades de verificação (42,16%), seguidas das atividades de demonstração (26,66%) e das que alternam verificação e demonstração (21,18%).

Em geral a maioria (36,27%) dos experimentos são apresentados em forma de roteiros fechados, associados a suas imagens do tipo fotografia do experimento após realizado. As propostas que apresentam somente roteiros fechados somam 32,05% do total das atividades e as propostas que apresentam roteiros fechados e imagens do tipo esquema totalizaram 11,67% do total.

Na liderança destas propostas está o uso das atividades ao final dos capítulos, cerca de 46,67%. As propostas apresentadas na metade dos capítulos somam 35% e as apresentadas no início somam 18,33%.

**Figura 9:** Dados da análise do Planejamento da Proposta Experimental, categoria *Metodologia* em gráficos



Fonte: Prado (2015)

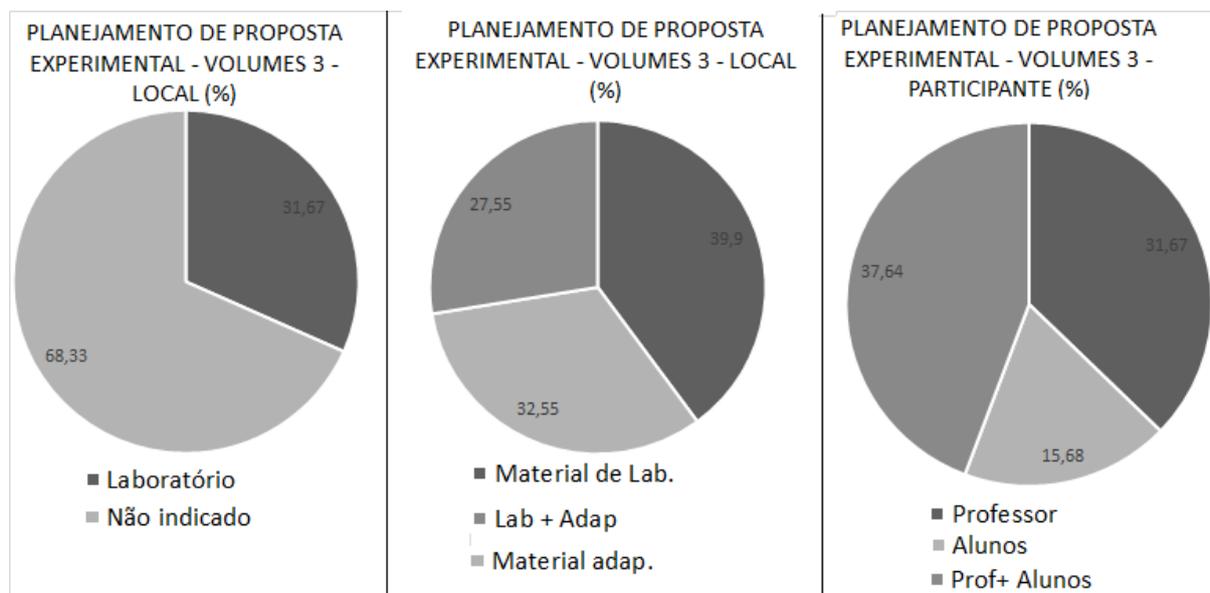
No quesito planejamento de local, materiais e execução da proposta, 68,33% das atividades experimentais não discriminam o local que deve ser realizada a atividade ao

passo que 31,67% das atividades aconselha fortemente o uso de laboratório didático equipado, nenhum destes livros indicam o uso de exclusivo da sala de aula.

Devido às características dessas propostas<sup>32</sup>, a maioria (32,55%) dos livros indicam o uso exclusivo de materiais de laboratório, contra 27,55% das indicações de uso de materiais de laboratório associados a materiais adaptados, o uso exclusivo de materiais adaptados equivaleram a 32,55%.

É fortemente indicado, cerca de 37,64% das propostas, que o professor se una ao aluno para a execução das atividades, mesmo havendo uma boa parcela, cerca de 31,67% das propostas que indicam que seja esta uma etapa exclusiva do professor, contra uma minoria de 15,68% das propostas indicadas exclusivamente aos alunos.

**Figura 10:** Dados da análise do Planejamento da Proposta Experimental, categoria *Montagem/execução* em gráficos

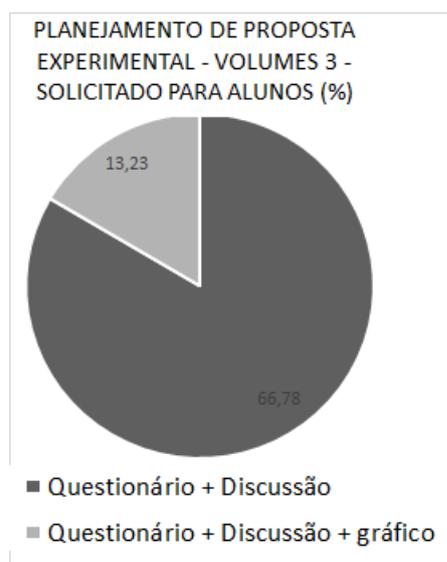


Fonte: Prado (2015)

Sobre a necessidade de se sintetizar as observações experimentais, nestes livros de volume 3, somaram cerca de 66,78% as solicitações de discussão em grupo e responder questionários; somente 13,23% das propostas solicitavam que os alunos discutissem, respondessem questionários e resolvessem cálculos e/ou construíssem tabelas e gráficos para a análise dos dados.

<sup>32</sup> Os livros volume 3, são destinados ao estudo de Química Orgânica, caracterizada pela ciência dos seres vivos e dos combustíveis, por isso atribuímos essa queda nas propostas experimentais a dificuldade e alta periculosidade dos reagentes envolvidos em experimentos sobre estes temas.

**Figura 11:** Dados da análise do Planejamento da Proposta Experimental, categoria *Solicitado para o aluno* em gráficos



Fonte: Prado (2015)

Nossas observações vão ao encontro do discurso dos livros analisados, já que logo no início dos volumes os autores fazem menções ao tipo de abordagem experimental que será adotada nas obras, em sua maioria do tipo verificação e observação, com execução sobre supervisão do professor, em local seguro, podendo fazer uso de materiais adaptados de laboratório para facilitar a execução em sala de aula. Vejamos alguns exemplos,

Atividade: esta seção propõe atividades (experimentos, pesquisas, elaboração de texto, raciocínio lógico, entre outros) acompanhadas de questões que promovem o diálogo dos alunos com fenômenos em foco (Livro: Química, Org. Mortimer et al., 2010, p. 2).

Nesta edição a Química é apresentada como uma ciência experimental e em constante transformação. Nas atividades experimentais indicadas em cada capítulo, sempre que possível, é você quem observa, executa e interpreta os dados, em condições de segurança e salubridade. Os procedimentos que exigem cuidados são realizados pelo professor (Livro: Química Coleção Ser Protagonista, Org. Lisboa, 2010, p. 2).

Procuramos selecionar experimentos que fossem interessantes acessíveis seguros. A preocupação com a segurança da pessoa e do meio ambiente norteou todas as atividades (Livro: Química Meio Ambiente Cidadania e Tecnologia, Org. Fonseca, 2010, p. 2).

Observamos que o livro *Química na abordagem do cotidiano* não apresentou subsídios necessários para a categoria “Síntetização de observações e resultados pelo aluno”, pois na maioria das atividades experimentais os autores optaram por apresentar fotografias ou esquemas de imagens do tipo passo a passo, dispensando a realização do experimento pelo professor, por isto, não solicitava-se que o aluno discutisse em sala ou

anotasse suas observações ou construíssem gráficos ou tabelas para responder as questões de final de capítulo.

Constatamos que o discurso do livro cumpre com sua promessa uma vez que indica que as “Fotografias são amplamente utilizadas para contextualizar os assuntos tratados e ilustrar aspectos experimentais (Livro: Química na abordagem do cotidiano, Org. Peruzzo, 2010, p. 3)”.

Nossa análise não concorda plenamente com o discurso encontrado no livro “Química para a nova geração” uma vez que as propostas que o livro apresentava como investigativas na maioria das vezes estavam acompanhadas dos verbos *verificar* e *demonstrar* na apresentação dos objetivos do experimento e por isso acabaram não sendo classificadas como propostas investigativas.

No início de todos os volumes encontramos o seguinte trecho,

Neste livro, propomos uma série de experimentos investigativos. Muitos poderão ser feitos na sala de aula. Cada aluno poderá ajudar o professor a conseguir os materiais necessário. Ao discutir os resultados, você aprenderá a usar tabelas e gráficos. Pense sempre sobre as conclusões que poderão ser extraídas de suas observações. Caso seja muito difícil realizar os experimentos, procure analisar os dados que fornecemos. Aprender a observar e explicar o que está ao seu redor ajudará você a entender melhor o mundo em que vivemos. (Livro: Química para nova geração, Org. Santos et al., 2012, p. 5).

Em nenhum momento observamos a palavra *Investigação* de forma explícita nas propostas de atividades experimentais. Observamos a apresentação dos roteiros fechados com uma pergunta, como é o caso por exemplo, da atividade “O que acontece com a luz ao atravessar diferentes materiais?” (Volume 2, p. 19). À primeira vista esta parece ser uma proposta investigativa, mas quando olhamos para sua descrição fica claro a abordagem verificacionista e demonstrativa da atividade.

Para observar o tamanho das partículas dispersas em um material, você poderá realizar este experimento, no laboratório ou em sua casa, podendo ser desenvolvido também de forma demonstrativa pelo seu professor na própria sala de aula (Livro: Química para nova geração, Org. Santos et al., 2010, v. 2, p. 19)

Nos quesitos organizacionais e nas solicitações ao aluno, nossa análise manteve-se em concordância com o discurso dos autores. Por isso acreditamos que para identificar se as propostas realmente são investigativas é necessária uma pesquisa mais detalhada e

que não leve em consideração somente as palavras chave para busca que usamos neste trabalho.

Além disso, devido à multiplicidade e complexidade de uma proposta investigativa como a apresentada por Munford e Lima (2007), sem dúvida faz-se necessário melhor detalhamento de busca e categorização, uma vez que, segundo Oliveira (2010), somente propor um experimento a partir de um questionamento do mundo cotidiano não faz dele uma proposta experimental investigativa, seria necessário um trabalho de adaptação da proposta na condução da aula, quesitos que estão associados à autonomia do professor diante do material e diante de sua realidade escolar.

Agora que já diagnosticamos as propostas de atividades experimentais contidas nos livros didáticos do PNLEM 2012, podemos concluir que a maioria dos livros apresentam propostas de cunho demonstrativo e/ou verificacionista, apresentadas através de roteiros fechados e na maioria das vezes apresentadas ao final dos capítulos.

Podemos inserir em nossas conclusões também que, na maioria dos casos, os locais para realização do experimentos são escolhidos pelo professor, e que presa-se pelo uso de materiais de laboratório aliados a materiais adaptados de fácil obtenção, fator que colabora para a realização do trabalho pelo professor e promove uma maior interação entre professor aluno.

Indica-se também que os alunos discutam e sintetizem suas observações através de questionários propostos ao final dos experimentos, não sendo muito usual a montagem de gráficos ou resolução de cálculos.

Essa visão de experimental corrobora os pontos destacados na síntese, sobre o papel da experimentação após 1990, do capítulo anterior, pois a experimentação trazida nesses livros passa a ser vista como:

- Metodologia para a construção de ideias;
- Fonte de motivação
- Estratégia que favorece o aprendizado;
- Forma de desenvolver o lado cognitivo dos alunos;
- Forma de estabelecer conexões entre atividade e conceito;
- Forma de confrontar conhecimentos científicos e cotidianos;
- Forma de desenvolver a argumentação;
- Ponto de partida para as aulas;
- Forma de habilitar o trabalho com ferramentas simbólicas (medir, analisar, construir gráficos);
- Demonstração de fenômenos;

- Verificação de hipóteses;
- Forma de intervir em situações reais (formular, diagnosticar e estabelecer relações)
- Investigação acerca de um problema

Além de se encaixar na descrição de experimentação de alguns filósofos da ciência como:

- Comte: Descobre-se o mundo pela combinação de raciocínios e observações, estabelecendo relações de sucessão e similitude.
- Bachelard: A experiência possibilita reflexões sendo a racionalidade/pensamento responsáveis por elaborar hipóteses e respostas sobre a experiência, logo não se conhece somente pela experiência.

Vejam agora como são apresentadas as propostas experimentais que incluem o personagem histórico Lavoisier, usualmente conhecido como “pai”<sup>33</sup> da ciência Química nos livros didáticos, segundo a pesquisa de Vidal et al. (2007).

## **A EXPERIMENTAÇÃO NOS LIVROS DIDÁTICOS PNLD/PNLEM 2012: O CASO LAVOISIER**

Norteados pelas discussões anteriores e pelo exemplo histórico na Química discutido no capítulo 2 deste trabalho, nesta seção nossa intenção com a análise dos livros didáticos será a de identificar os capítulos dos livros que abordam o trabalho de Lavoisier.

Buscamos identificar os trechos dos livros didáticos e as propostas experimentais que contivessem os termos *Lavoisier* e suas associações como, por exemplo, *flogisto*, *ar atmosférico*, *lei da conservação das massas e teoria da combustão*.

Para isso aproveitamos a busca feita na análise dos experimentos da seção anterior, assim primeiramente fizemos o recorte de todos os experimentos que abordavam os temas recorrentes ao trabalho de Lavoisier. Foram encontrados: 3 experimentos do tipo *Queima da palha de aço/Balança de pratos* e 2 ilustrações pertencentes a categoria

---

<sup>33</sup> A palavra *pai* está entre aspas pois não concordamos com a ideia de atribuir paternidade no decorrer do percurso histórico da ciência.

Imagens+ esquemas do experimento de *Calcinação do Mercúrio* descritos por Lavoisier no Tratado Elementar de Química 1789.

Estes resultados encontram-se detalhados no quadro 9, a seguir

**Quadro 9:** Propostas experimentais dos livros didáticos do PNLEM 2012 que fazem referência à Lavoisier.

<b>Livro</b>	<b>Título da Proposta</b>	<b>Características</b>
Química v.1: Ensino Médio (MORTIMER,2010)	A massa é conservada nas reações Químicas (p. 213)	<b>Interesse Metodológico:</b> Verificação Demonstração <b>Apresentação da proposta:</b> Roteiro Fechado <b>Local da proposta no capítulo:</b> Final do cap. <b>Montagem/execução</b> <b>Local:</b> Não indicado <b>Material:</b> Laboratório + Adaptado. <b>Responsável:</b> Professor + Alunos. <b>Solicitado para o aluno:</b> Discutir, responder questionário e fazer anotações.
Coleção Ser Protagonista v. 1: (LISBOA, 2010)	Relações de massas nas transformações Químicas (p. 101)	<b>Interesse Metodológico:</b> Verificação <b>Apresentação da proposta:</b> Imagens tipo fotografia <b>Local da proposta no capítulo:</b> Meio do cap. <b>Montagem/execução</b> <b>Local:</b> Não indicado/não reproduzir <b>Material:</b> Laboratório <b>Responsável:</b> Não indicado/não reproduzir. <b>Solicitado para o aluno:</b> Discutir, responder questionário.
Química Meio Ambiente Cidadania e Tecnologia (FONSECA, 2010)	Combustão na balança de pratos (p. 103)	<b>Interesse Metodológico:</b> Verificação Demonstração <b>Apresentação da proposta:</b> Roteiro Fechado <b>Local da proposta no capítulo:</b> Início do cap. <b>Montagem/execução</b> <b>Local:</b> Não indicado <b>Material:</b> Adaptado. <b>Responsável:</b> Professor <b>Solicitado para o aluno:</b> Discutir, responder questionário.
Química Meio Ambiente Cidadania e Tecnologia (FONSECA, 2010)	Combustão na balança de pratos (p. 103) continuação descrição detalhada sobre Calcinação do Mercúrio)	<b>Interesse Metodológico:</b> Demonstração <b>Apresentação da proposta:</b> Imagens + esquemas <b>Local da proposta no capítulo:</b> Início do cap. <b>Montagem/execução</b> <b>Local:</b> Não indicado/ não reproduzir <b>Material:</b> Laboratório <b>Responsável:</b> Não indicado/ não reproduzir <b>Solicitado para o aluno:</b> Discutir, responder questionário.
Química para a Nova Geração (Org. SANTOS, 2010)	Lavoisier: O que acontece com a massa durante uma	<b>Interesse Metodológico:</b> Verificação + Demonstração <b>Apresentação da proposta:</b> Roteiro Fechado <b>Local da proposta no capítulo:</b> Final do cap.

	reação Química? (p. 368)	<b>Montagem/execução</b> <b>Local:</b> Não indicado <b>Material:</b> Laboratório+ Adaptado <b>Responsável:</b> Professor + Alunos <b>Solicitado para o aluno:</b> Discutir, responder questionário.
--	--------------------------------	--

Fonte: Prado (2015)

Podemos observar que os experimentos apresentados pertencem às categorias verificação/demonstração, com roteiro fechado para a execução da proposta. Nestes experimentos os alunos são convidados a observar a variação da massa de uma palha de aço antes e depois da queima, essa variação pode ser observada por meio da pesagem em balança analítica ou pela diferença de pesos entre uma palha de aço queimada e uma palha de aço normal em uma balança feita com dois pratos unidos por um arame.

Por ser uma proposta simples, não é indicado o uso de materiais de laboratório (exceto os casos que usam a balança) ou um laboratório equipado como local de execução do experimento. Ao final os alunos são convidados a responder questionários a partir das discussões em sala.

Apesar das propostas serem relativamente simples elas facilmente são fadadas ao fracasso, uma vez que para observação precisa do aumento da massa da palha de aço se deve levar em consideração a composição da palha de aço, a precisão na construção da balança de pratos e a perda pela combustão em ambiente aberto.

Situações extremamente diferentes das reações de combustão e calcinação dos metais descritas por Lavoisier, até mesmo porque Lavoisier não investigou a veracidade da lei da conservação da massa, ele admitia a conservação das massas a priori e por este motivo ele adquiria vidrarias e balanças de alta precisão para realizar seus experimentos.

Desta maneira, não se pode comparar um experimento deste tipo ao trabalho de Lavoisier e faz-se necessário estudos prévios alicerçados em outras metodologias de ensino como a história e filosofia da ciência por exemplo.

Vamos agora, usando a ordem alfabética dos títulos dos livros, descrever os trechos dos volumes que se preocuparam com o personagem histórico Lavoisier, buscando compreender, quando existente qual o desenvolvimento da experimentação embutida nessas propostas ou se há menção ao trabalho de Lavoisier sem o uso da experimentação.

## 2.1 Livro: Química. Mortimer et al., 2010.

No volume 1 desta coleção de livros, Lavoisier é citado no capítulo 7 intitulado “Introdução às transformações Químicas” (p. 202-227) apenas uma vez, na página 217, “Texto 2: A massa é conservada nas reações Químicas?” que discute a questão da combustão, usando exemplos da queima de lã de aço, papel e vela, levando em consideração a participação do gás oxigênio como comburente e chegando a noções de conservação de massa de reagentes e produtos.

Lavoisier é citado mais precisamente no trecho a seguir,

O fato de que a massa é conservada nas reações Químicas é importante para podermos mais adiante, representar as reações por equações usando símbolos químicos. A conservação da massa é uma forte evidência a favor da ideia de que nas reações Químicas a matéria não é criada nem destruída, mas apenas se transforma por meio do rearranjo dos átomos que a constituem. Lavoisier (1743-1794), ao anunciar esse princípio, teria dito que “na natureza nada se perde, nada se cria, tudo se transforma” (MORTIMER, 2010, v. 1, p. 218).

Antes de apresentar este texto, do qual retiramos o trecho que cita Lavoisier, o livro apresenta a Atividade 3, em que são propostos três experimentos. São eles:

1. A reação de bicarbonato de sódio com ácido clorídrico (p. 213) sendo parte da proposta realizada em um sistema aberto e em um sistema fechado. Destaca-se o uso de uma proposta experimental de demonstração e verificação, já que o roteiro sugere que o professor execute o experimento e os alunos observem anotando os valores obtidos durante a pesagem dos reagentes e produtos para, em um segundo momento, compararem os valores obtidos nos experimentos e discutirem em sala.
2. A reação entre hidróxido de sódio e sulfato de cobre (II) (p. 215). Esta proposta experimental é semelhante à descrita anteriormente, os alunos devem observar o experimento feito pelo professor, anotar os resultados obtidos nas pesagens e discutir em sala as observações, guiados por um questionário contido no final do roteiro fechado.
3. A queima da lã de aço (p. 216). Este experimento consiste na pesagem inicial e final de uma lã de aço induzida a combustão. Como nos roteiros anteriores indicasse que os alunos anotem suas observações para posterior discussão com a sala.

Há ainda, ao final dos experimentos, questionários que norteiam a discussões dos alunos a saber,

Q49. Com os dados do quadro, é possível afirmar que a massa se conserva numa reação Química? Como vocês explicam os dados obtidos? Q50. Completem a seguinte afirmação “A massa se conserva nas reações Químicas...”, de modo que ela possa exprimir uma conclusão obtida com as três reações estudadas nesta atividade (MORTIMER, 2010, v. 1, p. 2010)

Como se pode ver, não há neste livro menção à história da ciência além do nome e data de nascimento e morte de Lavoisier. Os experimentos não são contextualizados com a experimentação lavoisieriana da combustão, dando a entender que o trecho descrito anteriormente faz parte de uma curiosidade sobre a história que o aluno deve saber, além disso cria-se a ideia já tanto debatida por Martins e Martins (1993) e Filgueiras (1995) de que Lavoisier ditou a lei “na natureza nada se perde, nada cria, tudo se transforma” quando na verdade essas palavras muito provavelmente jamais foram ditas com esta intenção por Lavoisier.

Na mesma coleção, no livro volume 2, há no capítulo 2, Termoquímica: energia nas mudanças de estado físico e nas transformações Químicas (p. 47-105), no Texto 3. Calor e temperatura na linguagem cotidiana e na ciência, com base na citação do trabalho de Lavoisier sobre o Calórico, a saber, “Lavoisier (1743-1794), por exemplo, listava o calórico com uma das substâncias elementares. Hoje sabemos que uma substância pode conter energia mas não calor” (MORTIMER, 2010, v. 2, p. 63).

Antes deste texto é apresentado um experimento intitulado Condições para a ebulição da água (p. 59), na qual se estuda o aquecimento da água monitorada por termômetros. Não há associações ao contexto histórico na apresentação do experimento e na sua execução, somente destinam um quadro para informar brevemente as concepções de calor (calórico) de Lavoisier, Rumford e Carnot como curiosidade ao final de um texto que segue este experimento.

## **2.2 Livro: Química Coleção Ser Protagonista. Org. Lisboa, 2010.**

Nesta coleção, Lavoisier é primeiramente citado no Volume 1, Capítulo 6 Propriedades e transformações da matéria (p. 86-107), o qual possui uma seção destinada a discussão de seu trabalho sobre a conservação de massa intitulada “Lei de Lavoisier

(Lei da conservação da Massa)”, destacam-se os subitens “A experimentação de Lavoisier”, “Química tem história” e “Aparentes desvios da Lei de Lavoisier” contidos nas páginas 31 e 91 deste volume. Em nenhum destes textos observa-se a descrição detalhada dos experimentos de Lavoisier nem se propõe qualquer tipo de experimentação.

Na seção “A experimentação de Lavoisier”, são discutidos os principais experimentos que o levaram a observação da formação de óxidos e ao experimento da queima de uma vela em ambiente fechado. Menciona-se também a importância da balança de precisão nestes experimentos e se aborda a questão da conservação de massas da seguinte maneira,

A partir das observações feitas em seus estudos e das conclusões a que chegou, Lavoisier estabeleceu a Lei da Conservação da Massa. Em um sistema fechado, quando duas ou mais substâncias reagem entre si, a massa total dos produtos é igual à soma das massas das substâncias reagentes (LISBOA, 2010, p. 91).

Vemos que o trecho do livro possui um grande problema, uma vez que admite que Lavoisier investigou a veracidade da lei da Conservação da Massa, quando na verdade ele admitia esta lei e por isso desenvolvia seus experimentos com tamanha precisão.

Na seção “Química tem história” o livro descreve brevemente a vida e obra de Lavoisier, ressaltando a importância da nova nomenclatura por ele sistematizada e o uso da precisão nas medidas de massa.

A seção nomeada “Aparentes desvios da Lei de Lavoisier” levanta a questão da corrosão e do aumento do peso de materiais expostos ao ambiente, como questão para os alunos pensarem e discutirem a diferença entre experimentos em sistemas fechados e abertos.

Ainda no volume 1 desta coleção, na página 246, pode-se observar um quadro intitulado “Você se lembra? Lei da Conservação das Massas”, cujo objetivo é relembrar o aluno as questões já discutidas no capítulo 6.

O volume 2 desta coleção apresenta na página 93 um quadro nomeado “Química tem história. O calorímetro de Lavoisier e Laplace”, neste pequeno trecho é citada brevemente a experimentação com o calorímetro, mas não há descrições detalhadas do experimento nem indicação de proposta experimental, o quadro é somente uma ilustração da história sobre o tema “Medidas de quantidade de calor” abordado na sequência do capítulo.

### **2.3 Livro: Química Meio Ambiente Cidadania Tecnologia. Org. Fonseca, 2010.**

No Volume 1 desta coleção encontramos a abordagem que mais se aproximou da contextualização entre experimentação e a história da ciência no trabalho de Lavoisier.

O livro é dividido em unidades: a Unidade 2: Oxigênio e ozônio, compreende os capítulos 6 a 10, no qual o Capítulo 6: Reações Químicas, cujo item 6.2, apresenta o título “A combustão no século XVII” (p. 103), seguido da proposta experimental “Combustão na balança de pratos (p.103)” e dos subitens “A teoria do flogístico” (p. 104), “A lei da conservação da massa” (p. 106), “Lavoisier e a descoberta do oxigênio” (p. 108) e “Quem foi Lavoisier?” (p. 110)

Ao iniciar o item “A combustão no século XVII” o texto cita os elementos necessários para iniciar uma combustão e ressalta que este fenômeno foi muito pesquisado durante o século XVII e XVIII por ser intrigante. Com esta apresentação propõe o “Experimento 5: Combustão na balança de pratos” (p. 103).

Este experimento é muito usual nos livros didáticos e já o descrevemos anteriormente. Ressaltamos que nesta coleção há a orientação para a execução da atividade pelo professor e montagem de material (balança de pratos) através de materiais simples como fios de arame e folhas de alumínio. O questionário que acompanha o final do roteiro pede para que o aluno descreva suas observações justificando-as.

Na sequência apresenta-se um texto intitulado “A teoria do flogístico” (p. 104), no qual observamos um relato histórico desta teoria desde Stahl, apontando seus principais pontos básicos.

Dando continuidade à história o livro apresenta o texto “Lei da conservação da massa” (p.106), que se ocupa em abordar os primeiros registros de Lavoisier sobre a calcinação dos metais, fazendo uma importante discussão sobre o desenvolvimento da Química em diferentes lugares do mundo, salientando que o “pai” da Química moderna ocidental é Lavoisier mas ele não foi o único descobridor do oxigênio, mas tratou-se de uma descoberta coletiva.

Inserir-se neste texto um quadro com o título “E como Lavoisier fez para estudar a combustão em recipiente fechado?” (P. 107). Neste trecho do livro temos uma ilustração do mais divulgado experimento de Lavoisier, a Calcinação de Mercúrio que discutimos detalhadamente no capítulo 2 deste trabalho.

Além da ilustração, que não deixa a desejar em comparação com as Pranchas de Madame Lavoisier, encontramos no livro analisado uma explicação do procedimento feito por Lavoisier para a reação de calcinação do mercúrio, seguida de uma breve discussão sobre os resultados obtidos na época.

Nas bordas do livro é possível encontrar um pouco mais sobre esta parte da história da Química; pode-se ler também um pouco sobre a discordância entre Priestley e Lavoisier e o embate flogisto e oxigênio.

No penúltimo texto desta parte, intitulado “Lavoisier e a descoberta do oxigênio” (p. 108) podemos ler um trecho do texto original de Lavoisier *Elements de Chimie (1790)* no qual foram registradas as primeiras menções ao oxigênio através dos nomes “ar altamente respirável” e “ar vital”, além de serem apresentadas as proporções em massa da combustão de carbono grafita, mercúrio metálico e água.

É interessante destacar ainda que a lei da conservação de massa tal qual corriqueiramente anunciada é vista por este autor como uma lei popular, ele prefere a descrever por: “Em uma reação Química feita em recipiente fechado, a soma das massas dos reagente é igual à soma das massas dos produtos (FONSECA, 2010, p. 109). Posteriormente, em suas discussões, apresenta uma complementação a lei, “Nas reações Químicas, não apenas a massa das substâncias envolvidas se conserva, mas também a massa dos elementos que constituem as substâncias permanece constante” (FONSECA, 2010, p. 109), e termina com “por isso a massa total, antes e depois da reação Química, permanece a mesma” (FONSECA, 2010, p. 110).

O último texto é dedicado a exposição da vida e obra de Lavoisier, na seção “Curiosidade: Quem foi Lavoisier?” (P.110), encontramos as datas dos primeiros prêmios e obras, a data de seu casamento e algumas curiosidades sobre a França, que acabou por decapitá-lo.

Apesar de apresentar traços de uma historiografia simplista e anedótica (KRAGH, 2011) esta foi a proposta que mais se preocupou em traçar os contornos da experimentação da teoria do flogisto à Lavoisier e a que melhor detalhou o passo a passo do experimento de calcinação do mercúrio descrito no Tratado de Química e copiado no capítulo II deste trabalho.

#### **2.4 Livro: Química na abordagem do cotidiano. Org. Peruzzo et al., 2006.**

No volume 1 desta coleção temos, no Capítulo 3. Introdução ao conceito de reação Química, uma seção destinada a Lavoisier intitulada “A Lei da Conservação da Massa de Lavoisier” (p. 58-59), essa seção é precedida de uma breve discussão sobre o conceito de elemento químico segundo Boyle.

No texto destinado à lei da conservação da massa, atribui-se grande importância a Lavoisier, “seus trabalhos, realizados no século XVIII, foram tão importantes que alguns o consideram o “pai da Química”” (PERUZZO, 2006, p. 58), discute-se também a importância da balança e da escolha de sistemas fechados nos experimentos realizados por Lavoisier.

O texto é finalizado indicando que a Lei de Lavoisier foi incorporada aos saberes populares e por isso é usualmente citada como, “na natureza nada se cria nada se perde, tudo se transforma” ao invés de “Quando uma reação Química é realizada num recipiente fechado, a massa dos produtos é igual a massa dos reagentes” (PERUZZO, 2006, p. 58).

No final do capítulo 3 encontra-se o quadro Informe-se sobre a Química: Antoine Laurent Lavoisier (p. 62-63). No texto é exaltada a importância da experimentação e da coleta de dados quantitativos; é apresentada também uma breve descrição do experimento de calcinação do mercúrio e sobre a nova definição de elemento químico, que culminou na nova sistematização da Química pelo Tratado Elementar de Química.

No quadro há também duas fotos, tiradas em uma exposição de Paris, de aparelhos utilizados por Lavoisier para realização de experimentos.

No final do quadro solicita-se ao aluno que responda um questionário como forma de interpretação do texto e para sistematização dos conceitos aprendidos ao longo do capítulo.

Como vimos nas análises anteriores, neste livro também se atribui erroneamente a paternidade da Química e a formulação da lei da conservação da massa à Lavoisier aliada a uma breve descrição sobre a importância da experimentação e da coleta de dados quantitativos precisos, não há propostas experimentais ou descrições detalhadas dos experimentos realizados por Lavoisier, caracterizando uma proposta falha e cheia de lacunas conceituais.

## 2.5 Livro: Química para a nova geração. Org. Santos et al., 2012.

O Capítulo 10 do volume 1 desta coleção apresenta em seu primeiro tópico “As leis das reações Químicas” (p. 368-372). A primeira lei é apresentada a partir de um experimento intitulado “O que acontece com a massa durante uma reação Química?” (p. 368-369). O experimento consiste em construir uma balança de pratos e submeter à queima materiais como folha de papel e lã de aço.

Nota-se que este é um experimento equivocadamente corriqueiro quando se aborda o tema “Lei da Conservação das Massas”, visto que já o encontramos e descrevemos em livros de outras coleções e fizemos os comentários pertinentes. Neste não há indicação que restrinja a atividade somente em forma de demonstração pelo professor, a saber, “Este experimento lhe fornecerá evidências que foram utilizadas para a formulação das leis Químicas. Ele poderá ser demonstrado pelo professor ou realizado por grupo de alunos” (SANTOS et al., 2010, p. 368).

Ao final do roteiro encontram-se algumas questões para norteamento da análise de dados, nos quais os alunos devem relatar suas observações e fazer previsões imaginando que o experimento se realize em sistema fechado.

Com este gancho é introduzido o texto “Lei da Conservação das Massas” (p. 369), logo no início do texto temos,

A análise superficial dos resultados do experimento anterior pode nos levar a interpretação equivocada sobre a variação de massa nas reações de combustão. No entanto, se aquelas reações fossem conduzidas em recipientes fechados, os resultados demonstrariam que não há variação de massa durante a combustão [...] O químico francês Antoine Lavoisier (1743-1794), com a colaboração da esposa Marie Anne, realizou uma série de experiências que o levaram à seguinte conclusão: a quantidade de massa antes e depois de qualquer reação é sempre a mesma (SANTOS, 2012, p. 369).

Vê-se neste trecho que o próprio autor salienta que o experimento da queima da palha de aço pode facilmente apresentar problemas, assim questionamo-nos: Qual a função de apresentar uma reação que além de não caracterizar a experimentação para Lavoisier não funciona?

Depois desta parte o livro traz um trecho do texto de Lavoisier, mas não especifica de qual de suas obras, e inicia uma discussão sobre o quão importantes e inovadoras foram

as conclusões experimentais de Lavoisier para sua época, não citando nenhum experimento em particular.

Para finalizar a seção, observa-se uma sequência de imagens de um experimento de queima de lã de aço sendo pesado em balança de precisão, junto às imagens está, “Medindo a massa da esponja de aço antes e depois da queima, observa-se o aumento da massa do material sólido; mas, somando-se a massa do gás oxigênio que reage com o ferro, constata-se o previsto pela Lei de Lavoisier” (SANTOS et al., 2010, p. 370).

Novamente abre-se uma lacuna muito grande entre o que se pode observar na foto e a conclusão citada no livro, com a simples observação só é possível concluir que o oxigênio participa da reação se for feito um controle rigoroso do volume do gás em torno da reação; outro ponto não citado pelo autor é como se determina a massa de oxigênio no processo da queima de metais, ponto fundamental para o experimento funcionar.

### **O QUE OBSERVAMOS? CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A ANÁLISE DOS EXPERIMENTOS QUE FAZEM REFERÊNCIA A LAVOISIER CONTIDOS NOS LIVROS DIDÁTICOS.**

Ao final desta segunda análise, podemos concluir que o tema mais recorrente (observado em três coleções) quando se fala de Lavoisier é a “Lei da Conservação das Massas” e a “Teoria da Combustão”. Todas as coleções analisadas fizeram menção a Lavoisier e apresentaram um experimento diretamente ligado ao tema.

A escolha deste tema é preocupante devido dois aspectos, histórico e o experimental.

Segundo nossos estudos históricos, o trabalho de Lavoisier não foi o de propor a Lei da Conservação de Massas, mas sim discutir as reações de calcinação, combustão e a composição do ar atmosférico, partindo do pressuposto de que esta lei já existia *a priori* de seu trabalho.

Acredita-se que a crença de Lavoisier na lei da conservação de massas vem de sua formação como cobrador de impostos e mestre de finanças francês, imagina-se que para ele a lei da conservação de massas era semelhante a ideia da contabilidade ou seja todo dinheiro arrecadado ou gasto deveria ser discriminado nas faturas ao final do mês, logo

ao assumir suas investigações sobre as reações Químicas ele acreditava que o peso do início da reação deveria ser o mesmo do final como em uma fatura mensal.

Do ponto de vista experimental, trata-se de um experimento pouco eficiente, uma vez que pode não apresentar o resultado esperado se feita uma análise simplificada como o próprio livro didático indica, “A análise superficial dos resultados do experimento pode nos levar a interpretação equivocada sobre a variação de massa nas reações de combustão. No entanto, se aquelas reações fossem conduzidas em recipientes fechados, os resultados demonstrariam que não há variação de massa durante a combustão (SANTOS et al., 2010, p. 369).

Alguns livros abordam brevemente ou em detalhes o experimento de calcinação do mercúrio realizado por Lavoisier, estes livros contêm ilustrações de experimentos e discussões breves sobre a importância da precisão quantitativa no desenvolvimento da Química lavoisieriana, usando trechos do Tratado Elementar de Química, sem referenciar a citação. Somente um destes livros usou o termo *Flogisto* associado ao trabalho de Lavoisier e fez uma breve reconstrução histórica do desenvolvimento da teoria do oxigênio apresentando alguns personagens históricos como Stahl, Priestley e Boyle.

Não observamos em momento algum a associação das palavras *Lavoisier* a *ar atmosférico*, mesmo levando em consideração a importância do oxigênio na combustão, nenhum dos livros menciona os trabalhos de Lavoisier sobre a constituição do ar atmosférico, como esperávamos encontrar.

É comum observar nos livros didáticos a apresentação de personagens históricos da ciência nas margens dos livros onde são trazidos seus nomes, datas de nascimento e morte junto a alguma informação do tipo curiosidade da vida cotidiana do personagem ou sua principal descoberta científica, caracterizando uma história da ciência cheia de “pais”, “descobridores” e anacronismos, fatos que corroboram uma visão de história da ciência desfocada.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao finalizar esta pesquisa podemos concluir que a experimentação sempre esteve presente no cotidiano daqueles que se aventuraram pelos caminhos da Química. Mesmo antes de ser consolidada como ciência particular, as práticas de ateliês e laboratórios eram perpetuadas em livros dos “segredos” e passadas através das gerações pela reprodução do ofício de artesão.

Após a consolidação da Química como ciência particular, vem a necessidade de se dominar os fenômenos da natureza e com ela a busca pela precisão no ato de experienciar e experimentar o mundo vivido. Para isto foram desenvolvidos novos aparatos e procedimentos experimentais que facilitavam a visão daqueles que queriam decifrar os códigos escondidos na natureza e expressam o esforço de entendimento de questões complexas.

Quando focamos na escola brasileira, vemos um Ensino de Química que nasceu da necessidade extrativista e manufatureira tornando-se de grande importância somente décadas depois como disciplina complementar dos cursos de medicina e farmácia das primeiras universidades.

Foi somente após as principais reformas educacionais em meados de 1930 que o Ensino de Química passa a ser ministrado em escolas de nível secundário. Tivemos várias propostas para este ensino, sendo a experimentação inserida consideravelmente em terras brasileiras após 1960, conforme constatamos na pesquisa.

Nos anos seguintes a experimentação foi amplamente discutida por pesquisadores da área de ciências, sendo considerada uma estratégia que favorece o aprendizado, fonte de motivação, ponto de partida para atividades, estabelecadora de conexões entre o mundo cotidiano e o científico, forma de investigar, demonstrar, verificar e intervir em situações reais, enfim, seus objetivos são amplos e variados.

Mesmo sendo considerada uma boa estratégia de ensino e aprendizagem entende-se que a experimentação não é a única e melhor maneira ensinar ou a salvação para o Ensino de Química, antes de introduzir uma proposta experimental é necessário que o professor avalie se não há outras metodologias mais adequadas para ensinar determinado tema ou sequência de temas.

Logo podemos concluir que o conhecimento Químico para o Ensino Médio pode estar atrelado a experimentação como metodologia de ensino, porém primeiramente deve-se avaliar se não há outras metodologias mais adequadas para ensinar determinado tema e levar em consideração a necessidade de mostrar aos alunos o ensino de química como uma construção histórica e dinâmica, expliquemo-nos melhor essa afirmação.

Ao construirmos os capítulos I e II, fundamentamo-nos em uma base epistemológica usando Lavoisier como autor histórico da Química como ciência particular, discutimos o papel da experimentação e o desenvolvimento da teoria da combustão, dois temas que mais adiante, no capítulo IV, foram usados como palavras chave para a análise dos materiais didáticos disponíveis no ensino médio das escolas paulistas.

Analisando os livros deparamo-nos com algumas atividades que uniam o uso de propostas experimentais ao personagem Lavoisier, outras não sinalizavam a necessidade da experimentação, mas faziam menção ao trabalho deste cientista. Em todas elas Lavoisier era caracterizado com informações como nome, datas de nascimento e morte, curiosidades de sua vida e partes de seu trabalho, em duas descrições identificamos trechos do Tratado Elementar de Química escrito em 1789. Sem os devidos créditos as citações formavam parte de um texto como todo.

Somente em um dos livros analisados encontramos uma fundamentação histórica que descrevia a teoria da combustão partindo das ideias dos flogistas, mas mesmo assim o discurso é marcado pelo anacronismo.

Atividades deste tipo podem levar o professor a apresentar a ciência de maneira fechada, utilitarista, mesmo que os materiais não apontem diretamente para este sentido. Características que a reflexão fundamentada na história e filosofia da ciência tentam vigorosamente suprimir do ensino, por não acreditar ser possível construir uma visão crítica da atividade científica sem uma referência a seu passado e a seus fundamentos epistemológicos.

A inserção de fundamentos epistemológicos tais como apresentados no capítulo I e históricos a exemplo do que apresentamos no capítulo II, ajudariam na transformação do pensamento, tratando a ciência como trabalho de construção árdua de hipóteses e de debates abertos e abrindo as portas para as diferentes formas de interpretá-la, fazendo com que os alunos do ensino médio vissem a ciência como um figura de *gestalt*.

Assim a história e filosofia da ciência no Ensino de Química poderiam complementar as informações sobre os elementos mais significativos na relação dos estudante e docentes com o conhecimento científico.

Para isso, faz-se necessário no cenário atual: ajustar as propostas já existentes nos manuais, construir sequências didáticas que façam esta articulação e investir no uso da HFC na formação inicial e continuada para que os alicerces da escola, os professores, estejam preparados para atender a esta necessidade.

Diante deste cenário acreditamos que o texto produzido ao longo deste trabalho possa servir para formação de professores como: ponto de partida para o estudo de algumas epistemologias, complemento para o estudo e desenvolvimento da Química como ciência particular até Lavoisier e para mostrar o panorama histórico do uso da experimentação no ensino brasileiro.

Uma pequena contribuição diante da pluralidade de visões e possibilidades do Ensino de Química.

**REFERÊNCIAS**

- ABRAHAM, L. **A dictionary: na ilustrated A to Z**. London: Blandford, 1998, 249p.
- ALFONSO-GOLDFARB, A. M. A. FERRAZ, M. H. M. As possíveis origens da Química Moderna. **Revista Química Nova**. V. 16, n. 01, 1993, P.63-68.
- ALFONSO-GOLDFARB, A. M. **Da alquimia à Química**. São Paulo: Nova Stella, 1987.
- ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; JUBRAN, S. A. C. A complexa abordagem dos cenários de laboratório na literatura alquímica. In: **O laboratório, a oficina e o ateliê: a arte de fazer o artificial**. Org. Ana Maria Alfonso-Goldfarb, Maria Helena Roxo Beltran. São Paulo: Educ/Fapesp, 2002, p. 11-38.
- ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; BELTRAN, M. H. R. **O saber fazer e seus muitos saberes, experimentos, experiências e experimentações**. São Paulo: Livraria da Física, FAPESP, EDUC, 2006.
- ALVES FILHO, P. J. Regras da transposição didática aplicada ao laboratório didático. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 17, n. 2, 2000, p. 174-188.
- ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, 2003, p. 176-194.
- ARRUDA, S. M.; SILVA, M. R.; LABURÚ, C. E. Laboratório didático de física a partir de uma perspectiva kuhniana. **Investigações em Ensino de Ciências**. V. 6, n.1, p. 97-106, 2001.
- AXT, R. O papel da Experimentação no Ensino de Ciências. In: MOREIRA, M. A. e AXT, R. **Tópicos em Ensino de Ciências**. Porto Alegre: Sagra, 1991, p. 79- 90.
- BACHELARD, G. **A filosofia do não**. Tradução de Joaquim José Moura Ramos. São Paulo: Abril Cultural, Coleção Os pensadores, 1978, 354 p.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Tradução Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996, 314 p.
- BACHELARD, G. **O pluralismo coerente da Química moderna**. Tradução Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 2009, 211 p.
- BACON, F. **Novum Organum, ou Verdadeiras indicações acerca da interpretação da natureza; Nova Atlântida**. Tradução e notas de José Aluysio Reis de Andrade. 4ª edição. São Paulo: Nova Cultural, 1988.
- BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. Tradução Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. Lisboa Portugal: Edições 70, 2006, 224p.
- BARITIERI, S. M.; BASSO, N. R. S.; BORGES, R. M. R.; ROCHA FILHO, J. B. Opinião dos estudantes sobre a experimentação em Química no ensino médio. **Experiências em Ensino de Ciências**. v. 3, n. 3, 2008, p. 19-31.
- BARRA, V. M.; LORENZ, K. M. Produção de materiais didáticos de ciências no Brasil período: 1950 a 1980. **Ciência e Cultura**. v. 38, n. 12, Dez. 1986, p. 1970-1983.

BELTRAN, M. H. R. O laboratório e o ateliê. In: **O laboratório, a oficina e o ateliê: a arte de fazer o artificial**. Org. Ana Maria Alfonso-Goldfarb, Maria Helena Roxo Beltran. São Paulo: Educ/Fapesp, 2002, p. 39-60.

BENSAUDE-VINCENT, Bernadette; STENGERS, Isabelle. **História da Química**. Tradução: Raquel Gouveia. Instituto Piaget, 1992.

BONFANTI, A.; ANGELIN, D.; FANTINELLI, M. PASTORIZA, B. S. Uma análise de materiais didáticos no contexto da história do Ensino de Química no Brasil. **Anais do 33º EDEQ Movimentos curriculares da Educação Química o Permanente e o Transitório**. Unijuí, 2013, p. 1-8.

BRASIL - FNDE- **Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Histórico sobre a distribuição e implantação dos livros didáticos nacionais**, 2012. Acesso em: <http://www.fnde.gov.br/programas/livro-didatico/livro-didatico-historico>

BRASIL - **Guia de Livros Didáticos PNL D 2012: Química**. Brasília: ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2011, 52p.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999, p. 1 - 109.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: orientações complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília: MEC/INEP, 2002, p. 85 - 110.

BRASIL. Senado Federal. **Decreto Nº 91.542**, de 19 de Agosto de 1985, Brasília, 1985.  
BRASIL. Senado Federal. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional: nº 4024/61**. Brasília: 1961.

BRASIL. Senado Federal. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional: nº 5692/71**. Brasília: 1971.

BRASIL. Senado Federal. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional: nº 9394/96**. Brasília: 1996

BULCÃO, M. **O racionalismo da ciência contemporânea: uma análise da epistemologia de Gaston Bachelard**. 2 ed., Londrina Editora UESL, 1999, 169 p.

CASTILLO, Henry G. C. Elementos históricos epistemológicos desde Kuhn que permitem la identificación de aportes para la enseñanza de la combustion. **Dissertação de mestrado. Universidad Del Valle Instituto De Educación Y Pedagogia Maestria Em Educación: Enfoque Em Enseñanza De Las Ciencias**, Santiago De Cali, 2010.

CAVALCANTI, K. M. P. H.; SPRINGER, M. V.; BRAGA, M. Atividades experimentais em Química através da metodologia de resolução de problemas. **Anais do IX Congresso Internacional sobre Investigación em didática de las ciencias**. Girona, 9-12 de septiembre de 2013, p. 759-763.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?** Tradução: Raul Filker. Editora Brasiliense, 1993, 210 p.

COMTE, A. **Curso de filosofia positiva; Discurso sobre o espírito positivo; Discurso preliminar sobre o conjunto do positivismo; Catecismo positivista**. Seleção de textos de José Arthur Giannotti; traduções de José Arthur Giannotti e Miguel Lemos. São Paulo: Abril Cultural, 1978, 318p.

DALLABRIDA, N. A reforma Francisco Campos e a modernização nacionalizada do ensino secundário. **Educação**, Porto Alegre, v. 32, n. 2, 2009, p. 185-191

DEBUS, Allen G. **O Homem e a Natureza do Renascimento**. Tradução Fernando Magalhães, Revisores científicos: Ana Simões e Henrique Leitão. Portugal: Porto Editora, 2002, 153 p.

DOURADO, L. Trabalho Prático (TP), Trabalho Laboratorial (TL), Trabalho de Campo (TC) e Trabalho Experimental (TE) no Ensino das Ciências – contributo para uma clarificação de termos. In: Ensino Experimental das Ciências. Coord. Antônio Veríssimo, Arminda Pedroso, Rui Ribeiro; Departamento do Ensino Secundário, 3ºv. **(Re)pensar o Ensino de Ciências**, 2001, p. 13-18.

ESPINOZA, Ana Maria: (2010). **Ciências na escola: novas perspectivas para formação dos alunos**. Tradução de Camila Bogéa. São Paulo/BR: Ática, 2010.

ESTEBAN, Maria P. S. **Pesquisa qualitativa em Educação: fundamentos e tradições**. Tradução de Miguel Cabrera. Porto Alegre: Artmed, 2010. ISBN 978-85-63308-10-8.

FERREIRA, L. H.; HARTIWIG, D. R.; OLIVEIRA, R. C. Ensino Experimental de Química: uma abordagem Investigativa Contextualizada. **Química Nova na Escola – Ensino Experimental de Química**, v. 32, n. 2, 2010, p. 101-106.

FILGUEIRAS, C. A. L. A Química de José Bonifácio. **Química Nova**, v. 9, n. 4, 1986, p. 263-268.

FILGUEIRAS, C. A. L. A revolução Química de Lavoisier: uma verdadeira revolução? **Química Nova**, v. 2, 1995, p. 216-204.

FILGUEIRAS, C. A. L. D. Pedro II e a Química. **Química Nova**, v. 11, n. 2, 1988, p. 210-2014.

FILGUEIRAS, C. A. L. Origens da Ciência no Brasil. **Química Nova**, v. 13, n. 3, 1990, p.222-229.

FILGUEIRAS, C. A. L. Vicente Telles, o Primeiro Químico Brasileiro. **Química Nova**, V. 8, N. 4, 1985, p. 263-270.

FILGUEIRAS, Carlos. A. L. **Lavoisier. O estabelecimento da Química Moderna**. Coleção Imortais da Ciência. São Paulo, Odysseus Editora, 2007.

FINI, M. I. **Caderno do professor: Química, ensino médio - 1ª série, volume 1 /** Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; equipe, Denilse Moraes Zambom, Fabio Luiz de Souza, Hebe Ribeiro da Cruz Peixoto, Isis Valença de Sousa Santos, Luciane Hiromi Akahoshi, Maria Eunice Ribeiro Marcondes, Maria Fernanda Penteadó Lamas, Yvone Mussa Esperidião. – São Paulo: SEE, 2009, 64p.

FINI, M. I. **Caderno do professor: Química, ensino médio - 1ª série, volume 2 /** Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; equipe, Denilse Moraes Zambom, Fabio Luiz de Souza, Hebe Ribeiro da Cruz Peixoto, Isis Valença de Sousa Santos, Luciane Hiromi Akahoshi, Maria Eunice Ribeiro Marcondes, Maria Fernanda Penteadó Lamas, Yvone Mussa Esperidião. – São Paulo: SEE, 2009, 64p.

FINI, M. I. **Caderno do professor: Química, ensino médio - 1ª série, volume 3 /** Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; equipe, Denilse Moraes Zambom, Fabio Luiz de Souza, Hebe Ribeiro da Cruz Peixoto, Isis Valença de Sousa

Santos, Luciane Hiromi Akahoshi, Maria Eunice Ribeiro Marcondes, Maria Fernanda Penteadó Lamas, Yvone Mussa Esperidião. – São Paulo: SEE, 2009, 48p.

FINI, M. I. **Caderno do professor: Química, ensino médio - 1a série, volume 4** / Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; equipe, Denilse Moraes Zambom, Fabio Luiz de Souza, Hebe Ribeiro da Cruz Peixoto, Isis Valença de Sousa Santos, Luciane Hiromi Akahoshi, Maria Eunice Ribeiro Marcondes, Maria Fernanda Penteadó Lamas, Yvone Mussa Esperidião. – São Paulo: SEE, 2009, 48p.

FINI, M. I. **Caderno do professor: Química, ensino médio - 2a série, volume 1** / Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; equipe, Denilse Moraes Zambom, Fabio Luiz de Souza, Hebe Ribeiro da Cruz Peixoto, Isis Valença de Sousa Santos, Luciane Hiromi Akahoshi, Maria Eunice Ribeiro Marcondes, Maria Fernanda Penteadó Lamas, Yvone Mussa Esperidião. – São Paulo: SEE, 2009, 64p.

FINI, M. I. **Caderno do professor: Química, ensino médio - 2a série, volume 2** / Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; equipe, Denilse Moraes Zambom, Fabio Luiz de Souza, Hebe Ribeiro da Cruz Peixoto, Isis Valença de Sousa Santos, Luciane Hiromi Akahoshi, Maria Eunice Ribeiro Marcondes, Maria Fernanda Penteadó Lamas, Yvone Mussa Esperidião. – São Paulo: SEE, 2009, 64p.

FINI, M. I. **Caderno do professor: Química, ensino médio - 2a série, volume 3** / Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; equipe, Denilse Moraes Zambom, Fabio Luiz de Souza, Hebe Ribeiro da Cruz Peixoto, Isis Valença de Sousa Santos, Luciane Hiromi Akahoshi, Maria Eunice Ribeiro Marcondes, Maria Fernanda Penteadó Lamas, Yvone Mussa Esperidião. – São Paulo: SEE, 2009, 48p.

FINI, M. I. **Caderno do professor: Química, ensino médio - 2a série, volume 4** / Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; equipe, Denilse Moraes Zambom, Fabio Luiz de Souza, Hebe Ribeiro da Cruz Peixoto, Isis Valença de Sousa Santos, Luciane Hiromi Akahoshi, Maria Eunice Ribeiro Marcondes, Maria Fernanda Penteadó Lamas, Yvone Mussa Esperidião. – São Paulo: SEE, 2009, 40p.

FINI, M. I. **Caderno do professor: Química, ensino médio - 3a série, volume 1** / Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; equipe, Denilse Moraes Zambom, Fabio Luiz de Souza, Hebe Ribeiro da Cruz Peixoto, Isis Valença de Sousa Santos, Luciane Hiromi Akahoshi, Maria Eunice Ribeiro Marcondes, Maria Fernanda Penteadó Lamas, Yvone Mussa Esperidião. – São Paulo: SEE, 2009, 64p.

FINI, M. I. **Caderno do professor: Química, ensino médio - 3a série, volume 2** / Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; equipe, Denilse Moraes Zambom, Fabio Luiz de Souza, Hebe Ribeiro da Cruz Peixoto, Isis Valença de Sousa Santos, Luciane Hiromi Akahoshi, Maria Eunice Ribeiro Marcondes, Maria Fernanda Penteadó Lamas, Yvone Mussa Esperidião. – São Paulo: SEE, 2009, 64p.

FINI, M. I. **Caderno do professor: Química, ensino médio - 3a série, volume 3** / Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; equipe, Denilse Moraes Zambom, Fabio Luiz de Souza, Hebe Ribeiro da Cruz Peixoto, Isis Valença de Sousa Santos, Luciane Hiromi Akahoshi, Maria Eunice Ribeiro Marcondes, Maria Fernanda Penteadó Lamas, Yvone Mussa Esperidião. – São Paulo: SEE, 2009, 48p.

FINI, M. I. **Caderno do professor: Química, ensino médio - 3a série, volume 4** / Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; equipe, Denilse Moraes Zambom, Fabio Luiz de Souza, Hebe Ribeiro da Cruz Peixoto, Isis Valença de Sousa

- Santos, Luciane Hiromi Akahoshi, Maria Eunice Ribeiro Marcondes, Maria Fernanda Penteadó Lamas, Yvone Mussa Esperidião. – São Paulo: SEE, 2009, 64p
- FONSECA, Martha R. M. **Química: meio ambiente, cidadania, tecnologia**. 1ª Edição. São Paulo: FTD, 2010. (Coleção Química, meio ambiente, cidadania, tecnologia, v,1), 400p.
- FONSECA, Martha R. M. **Química: meio ambiente, cidadania, tecnologia**. 1ª Edição. São Paulo: FTD, 2010. (Coleção Química, meio ambiente, cidadania, tecnologia, v,2), 399p.
- FONSECA, Martha R. M. **Química: meio ambiente, cidadania, tecnologia**. 1ª Edição. São Paulo: FTD, 2010. (Coleção Química, meio ambiente, cidadania, tecnologia, v,3), 416p.
- FRANCISCO JR, W. E.; FERREIRA, L. H.; HARTIWIG, D. R. Experimentação Problematizadora: Fundamentos Teóricos e Práticos para a Aplicação em Salas de Aula de Ciências. **Química Nova na Escola – Experimentação Problematizadora**, n. 30, 2008, p. 34-41.
- GIANI, K. A experimentação no Ensino de Ciências: possibilidades e limites na busca de uma Aprendizagem Significativa. **Dissertação de mestrado**. Programa de Pós graduação em Ensino de Ciências. Universidade de Brasília, 2011. 190p.
- GIL PEREZ, D.; FURIÓ MÁZ, C.; VALDÉS, P.; SALINAS, J.; MARTINEZ-TORREGROSA, J.; GUIASOLA, J.; GONZALEZ, E.; DUMAS-CARRÉ, A.; GOFFARD, M.; PESSOA DE CARVALHO, A. M. Tiene sentido seguir distinguendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? **Enseñanza de las ciencias**, v. 17, n. 2, 1999, p. 311-320.
- GIL PEREZ, Daniel. Contribucion de La Historia Y de La Filosofia de Las Ciencias al Desarrollo de un Modelo de Ensenanza/Aprendizaje como Investigacion. **Enseñanza de Las Ciencias**, 1993, v. 11, n.2, 197-212.
- GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química Nova na Escola- Experimentação e Ensino de Ciências**, n. 10, 1999, p. 43-49.
- GOLDSCHMIDT, V. Tempo histórico e tempo lógico na interpretação dos sistemas filosóficos. In: **A religião de Platão**. São Paulo: Difusão Europeia do Livro. 2ª edição, 1970.p.139-147.
- GRANDY, R.; DUSCHL, R. A. Reconsidering the Character and Role of Inquiry in School Science: Analysis of a Conference. **Science & Education**, n. 16, 2007, p. 141-166.
- GRANT, E. **História da Filosofia Natural**. São Paulo: Madras, 2009, 448 p.
- GREENBERG, Arthur. **Uma breve história da Química: da alquimia às ciências moleculares modernas**. Trad. Henrique Toma, Paola Corio, Viktoria Osório. São Paulo: Edgar Blucher, 2009.
- GUÇÃO, Maria F. B.; CARNEIRO, Marcelo C.; BOSS, Sérgio L. B. Uma análise de Galileu presente nos livros didáticos do ensino médio: o conceito de movimento. **Anais do VIII Encontro Nacionais de Pesquisa em Ensino de Ciências (ENPEC)**, p. 1-12, 2010.

GUIMARÃES, C. C. Experimentação no Ensino de Química: Caminhos e Descaminhos Rumo à Aprendizagem Significativa. **Química Nova na Escola – Experimentação no Ensino de Química**, v. 3, n. 2, 2009, p. 198-202.

GUIMARÃES, O. M. O Papel Pedagógico da Experimentação no Ensino de Química. In: Guiarães, Ordiley Maciel. Novos materiais e novas práticas pedagógicas em Química: experimentação e atividades lúdicas. Curitiba, 2010, p. 1-5.

HENRY, John. **A revolução científica e as origens da ciência moderna**. Tradução Maria Luiza X. De A. Borges, revisão técnica Henrique Lins de Barros. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editora, 1998, 149p.

HODSON, D. Experimentos Na ciência e no ensino de ciências. Trad. Paulo A. Porto. **Educational Philosophy and Theory**, n. 20, 1988. p. 53-66.

HODSON, D. Hacia um enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. **Enseñanza de las ciencias**, v. 12, n.3, p.299 -313, 1994.

HUME, D. **Investigações sobre o entendimento humano e sobre os princípios da moral**. Tradução de José Oscar de Almeida Marques. São Paulo: Editora UNES, 2004, 438p.

JOHNSTONE, A. H. **The development of Chemistry Teaching. Symposium on Revolution and Evolution in Chemical Education**. V. 70, n. 9, September, 1993.

KRAGH, Helge. **Introdução a Historiografia da Ciência**. Tradução Carlos Grifo Babo, Revisores Científicos Ana Simões e Henrique Leitão. Portugal: Porto Editora, 2001, 233 p.

KUHN, T. **A estrutura das revoluções científicas**. Coleção Debates Ciência. Tradução: Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. 5 ed. São Paulo: Editora Perspectiva, 1998, 256 p.

KUHN, T. **A função do dogma na investigação científica**. História e Prática das ciências. Lisboa: Biblioteca de Filosofia, 1979, 75 p.

LABURÚ, C. E. Fundamentos para um experimento cativante. **Caderno Brasileiro do Ensino de Física**, 2006, v. 23, n.3, p.382-404.

LAVOISIER, Antoine. L. Refflèxions sur le phlogistique./ Sur la combustion. **Oeuvres II**, Paris, p. 623-4,1777.

LAVOISIER, Antoine. L. **Tratado Elementar de Química**. Antoine-Laurent Lavoisier, 1789. Tradução Laís dos Santos Pinto Trindade. São Paulo. Editora Madras, 2007.

LEWOWICZ, Lucía. Phlogiston, Lavoisier and the purloined referent. **Studies in History and Philosophy of Science**. v.42, p.436-444, 2011  
LIMA, 2013

LIMA, J. O. G. Do período colonial aos nossos dias: uma breve história do Ensino de Química no Brasil. **Revista Espaço Acadêmico**, n. 140, 2013, p. 71-79.

LIMA, J. O. G., Do período colonial aos nossos dias: uma breve história do Ensino de Química no Brasil. **Revista Espaço Acadêmico**, v. 16, n. 140, p. 71-79, 2013.

LISBOA, Julio C. **Química, 1º ano: ensino médio.** Org. Julio Cezar Foschini Lisboa. 1ª Edição. São Paulo: Edições SM, 2010 (**Coleção Ser Protagonista**), 432p.

LISBOA, Julio C. **Química, 2º ano: ensino médio.** Org. Julio Cezar Foschini Lisboa. 1ª Edição. São Paulo: Edições SM, 2010 (**Coleção Ser Protagonista**), 404p.

LISBOA, Julio C. **Química, 3º ano: ensino médio.** Org. Julio Cezar Foschini Lisboa. 1ª Edição. São Paulo: Edições SM, 2010 (**Coleção Ser Protagonista**), 464p.

LOPES, J. Bernardino. **Aprender e Ensinar Física.** Lisboa: Fundação Calouste Gulbekian, Fundação para a Ciência e a Tecnologia/MCES, 2004. (Coleção “Textos universitários de Ciências Sociais e Humanas”).

MAAR, Juergen H. **Pequena história da Química. Primeira parte: dos primórdios a Lavoisier.** Florianópolis: Papa Livros, 2008.

MACHADO, A. H. **Aula de Química: discurso e conhecimento.** 2.ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2004.

MAGALHÃES, A. P. Willian Gilbert e o De Magnete: idealização e realização de experimentos na busca da separação dos fenômenos da eletricidade e do magnetismo. In: **O saber fazer e seus muitos saberes: experimento, experiências e experimentações.**Org.: Ana Maria Alfonso-Goldfarb; Maria Helena Roxo Beltran. São Paulo: Editora Livraria da Física; EDUC; FAPESP, 2006, p. 93-118.

MARANDINO, M. A prática de ensino nas licenciaturas e a pesquisa em ensino de ciências: questões atuais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 20, n. 2, 2003, p. 168-193.

MARTINS, L. A. P.; MARTINS, R. A. Lavoisier e A conservação da Massa. **Química Nova**, São Paulo, v. 16, n. 3, p. 245-256, 1993.

MASTERMAN, M. A natureza de um paradigma. In: LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. (Org.). **A crítica e o desenvolvimento do conhecimento: quarto volume das atas do Colóquio Internacional sobre Filosofia da Ciência, realizado em Londres em 1965.** Tradução Octavio Mendes Cajado. São Paulo: Cultrix, 1979. p. 72-108.

MATTHEWS, M. R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a Tendência Atual de Reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.12, nº3, dez.1995. p.164-214.

MORTIMER, E. F. A evolução dos livros didáticos de Química destinados ao Ensino Secundário. **Em Aberto**, ano7, n. 40, 1988, p. 1-19.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, Mudança Conceitual e Ensino de Ciências: Para Onde Vamos? **Investigações em Ensino de Ciências**, v.1, n.1, p.20-39, 1996.

MORTIMER, Eduardo, F. **Química, 1: Ensino Médio.** Org. Eduardo Fleury Mortimer, Andréa Horta Machado. São Paulo: Scipione, 2010, 288p.

MORTIMER, Eduardo, F. **Química, 2: Ensino Médio.** Org. Eduardo Fleury Mortimer, Andréa Horta Machado. São Paulo: Scipione, 2010, 256p.

MORTIMER, Eduardo, F. **Química, 3: Ensino Médio.** Org. Eduardo Fleury Mortimer, Andréa Horta Machado. São Paulo: Scipione, 2010, 296p.

MOURA, G. N. Visões e virtudes pedagógicas do ensino experimental da Química: o que dizem professores de Química que utilizam a experimentação em suas práticas pedagógicas. **Dissertação de Mestrado**, Programa de pós-graduação em educação em ciências e matemáticas. Universidade Federal do Pará, 2008.

MOURA, G. N.; CHAVES, S. N. Encontros e Desencontros com a experimentação no Ensino de Ciências. **Atas do VII ENPEC Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências e do I CIEC Congresso Ibero-americano de Investigación em Enseñanza e las Ciências**, 2011.

MUNFORD, D; LIMA, M. E C. C. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**. v. 9, n. 1, 2007, p. 1-23.

NASCIMENTO, C.A. R. Rogério Bacon e a ciência experimental. In: **O saber fazer e seus muitos saberes: experimento, experiências e experimentações**.Org.: Ana Maria Alfonso-Goldfarb; Maria Helena Roxo Beltran. São Paulo: Editora Livraria da Física; EDUC; FAPESP, 2006, p. 43-64.

NUNES, A. O.; NUNES, A. O. PCN- Conhecimento de Química, um olhar sobre as orientações curriculares oficiais. **Holos**, ano 23, v. 2, 2007, p. 105-113.

OLIVEIRA, J. R. S.– Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente. **Acta Scientiae**. v.12, n.1, p. 139-156, 2010

OLIVEIRA, L. H.; CARVALHO, R. S. Um olhar sobre a história da Química no Brasil. **Revista Ponto de Vista**, Florianópolis, n. 3/4, p. 01-195, 2001/2002.

PALLONE, S. A realidade das escolas brasileiras. **ComCiência**, n. 132, 2011, p. 1-3.

PARTINGTON, J. R.; MCKIE, D. **Historical Studies on the Phlogiston Theory**. New York: Arno, 1981.

PERUZZO, Francisco M. **Química na abordagem do cotidiano**. Org. Francisco Miragaia Peruzzo, Eduardo Leito do Canto. 4ª edição. São Paulo: Moderna, v.1, 2006, 408p.

PERUZZO, Francisco M. **Química na abordagem do cotidiano**. Org. Francisco Miragaia Peruzzo, Eduardo Leito do Canto. 4ª edição. São Paulo: Moderna, v.2, 2006, 375p.

PERUZZO, Francisco M. **Química na abordagem do cotidiano**. Org. Francisco Miragaia Peruzzo, Eduardo Leito do Canto. 4ª edição. São Paulo: Moderna, v.3, 2006, 343p.

POPPER, K. A ciência normal e seus perigos. In: LAKATOS, I; MUSGRAVE, A (Orgs) **A crítica e o desenvolvimento do conhecimento: quarto volume das atas do Colóquio Internacional sobre Filosofia da Ciência, realizado em Londres em 1965**. Tradução Octavio Mendes Cajado. São Paulo: Cultrix, 1979. p. 63-71.

POPPER, K. **A Lógica da Descoberta Científica**. São Paulo: Cultrix, 1972, 567 p.

POPPER, K. **Conjecturas e Refutações**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1982, 27p.

PORTO, P. A. O laboratório farmacêutico de J. B. Van Helmont: teoria e prática de um philosophus per ignem. In: **O laboratório, a oficina e o ateliê: a arte de fazer o artificial**. Org. Ana Maria Alfonso-Goldfarb, Maria Helena Roxo Beltran. São Paulo: Educ/Fapesp, 2002, p. 87-114.

PRAIA, J. CACHAPUZ, A.; GIL-PEREZ, D. A hipótese e a experiência científica em educação em ciência: contributos para uma reorientação epistemológica. **Ciência & Educação**, v. 8, n. 2, 2002, p. 253-262.

PRESTES, M. E. B. A arte de observar e fazer experiências. In: **O saber fazer e seus muitos saberes: experimento, experiências e experimentações**. Org.: Ana Maria Alfonso-Goldfarb; Maria Helena Roxo Beltran. São Paulo: Editora Livraria da Física; EDUC; FAPESP, 2006, p. 227-252.

RODRIGUES, L. Z.; WEZENDONK, F. S.; TERRAZZAN, E. A. Experimentos Didático-Científicos na Estruturação de Livros Didáticos para o Ensino de Biologia e Física. **Anais da International Association for Research on Textbooks and Educational Media IARTEM BRASIL**, p. 215-223, 2012.

SAITO, F. **O telescópio na magia natural de Giambattista dela Porta**. São Paulo: EDUC/ Livraria da Física Editorial: FAPESP, 2001, 336p.

SANTANA, J. R. M.; LIMA, E. B. Pesquisa em Ensino de Ciências na atualidade: um breve estado da arte de 1990 a 2010. **Anais do V Colóquio Internacional “Educação e Contemporaneidade”**, São Cristóvão – SE, Brasil, 2011, p. 1-16.

SANTOS, Wilson, L. P. **Química cidadã: materiais, substâncias, constituintes, Química ambiental e suas implicações sociais**. V. 1: Ensino Médio. Coords. Wildson Luiz Pereira dos Santos, Gerson de Souza Mól. 1ª edição. São Paulo: Editora AJS, 2012 (Coleção Química para a nova geração),416p.

SANTOS, Wilson, L. P. **Química cidadã: materiais, substâncias, constituintes, Química ambiental e suas implicações sociais**. V. 2: Ensino Médio. Coords. Wildson Luiz Pereira dos Santos, Gerson de Souza Mól. 1ª edição. São Paulo: Editora AJS, 2012 (Coleção Química para a nova geração),406p.

SANTOS, Wilson, L. P. **Química cidadã: materiais, substâncias, constituintes, Química ambiental e suas implicações sociais**. V. 3: Ensino Médio. Coords. Wildson Luiz Pereira dos Santos, Gerson de Souza Mól. 1ª edição. São Paulo: Editora AJS, 2012 (Coleção Química para a nova geração),384p.

SÃO PAULO - **Proposta Curricular do Estado de São Paulo: Química**. Coord. Maria Inês Fini. São Paulo: SEE, 2008, 56p.

SCHETZLER, R. P. Apontamentos sobre a História do Ensino de Química no Brasil. **Ensino de Química em Foco**. Org.: SANTOS, W. L. P., MALDANER, O. A. - Ijuí: Ed. Unijuí, 2011- Cap. 2 p.51-75.

VIDAL, Paulo H. O.; CHELONI, Flavia O.; PORTO, Paulo A. O Lavoisier que não está presente nos livros didáticos. **Química Nova na Escola**, n.26, p. 29-32, 2007.

WESTFALL, Richard S. **A Construção da Ciência Moderna**. Tradução Sérgio Duarte Silva. Revisores Científicos Ana Simões e Henrique Leitão. Portugal: Porto Editora, 2001, 169p.

ZANON, L. B.; MALDANER, O. A.; GAUCHE, R. SANTOS, W.L.P. **Química**, 2004, p. 207-257. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/09Quimica.pdf>. Acesso em: 2 maio 2014.

ZATERKA, L. Corpuscularismo e experiência: Francis Bacon e Robert Boyle. In: **O saber fazer e seus muitos saberes: experimento, experiências e experimentações**.Org.: Ana Maria Alfonso-Goldfarb; Maria Helena Roxo Beltran. São Paulo: Editora Livraria da Física; EDUC; FAPESP, 2006, p. 145-170.

ZATERKA, Luciana. Robert Boyle e a Química Experimental. O ensaio do Nitro: alguns aspectos relacionados À polêmica com Espinosa. **Caderno de História e Filosofia da Ciência**. Campinas, Série 3, v. 11, n.1 p. 63-80, 2001.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A: A Proposta Curricular do Estado de São Paulo: síntese das atividades experimentais destinadas a 1ª série do ensino médio.

Série / Volume	Situação de Aprendizagem	Título e página do Experimento	Objetivo do experimento/ Observações	Tipo de Abordagem Experimental
1ª série/ Volume 1	02. Interações e Transformações	Evidências de transformações Químicas (p. 21)	Mostrar que alguns sinais indicam (e não confirmam) a ocorrência de transformações Químicas	Possui roteiro fechado. Demonstrativa, sugere-se que somente o professor realize a atividade
1ª série/ Volume I	03. Fatores que podem ser analisados nas transferências Químicas	Aquecimento e hidratação de sulfato de cobre (p.29)	Explorar os conceitos de transformações Químicas, tempo e energia	Possui roteiro fechado. Verificação, sugere-se que se divida os alunos em grupos para executar a atividade.
1ª série / Volume 1	05. Como reconhecer que houve uma transferência Química quando não há evidências.	Atividade 2. Densidade: pode-se identificar uma substância pura por sua densidade? (p. 46)	Identificar amostra de metais e comparar suas densidades	Possui roteiro fechado. Sugere-se utilização de atividade experimental do material <i>Oficinas de Química</i> , disponível nos arquivos da Rede do Saber ( <a href="http://www.rededosaber.sp.gov.br">www.rededosaber.sp.gov.br</a> )
1ª série / Volume 1	05. Como reconhecer que houve uma transferência Química quando não já evidências.	Atividade 3. Solubilidade: pode-se identificar uma substância pura por sua solubilidade? (p. 46)	Demonstrar os limites da solubilidade de um sal	Possui roteiro aberto, é possível se fazer modificações nas quantidades dos reagentes. Demonstrativo, realizado somente pelo professor.
1ª série / Volume 1	Situação de Recuperação	Situação de Recuperação. Aquecimento de sulfato de cobre penta hidratado (p. 58)	Realização de experimento simples e que contemple os aspectos referentes às transferências Químicas que foram abordados ao longo do bimestre	Possui roteiro fechado. É uma das possibilidades de recuperação.
1ª série / Volume 2	02. Relações em massa nas transformações Químicas: Conservação e proporção em massa	Atividade 1/ Experimento 1: Queima de palha de aço (p. 24)	Experimento de observação, caráter qualitativo e de fácil execução	Possui roteiro guiado por questões e previsões. Pode ser executado somente pelo professor ou por um grupo de alunos, como demonstração/verificação de teoria
1ª série / Volume 2	02. Relações em massa nas transformações Químicas:	Atividade 1/ Experimento 2: Transformações Químicas e	Estudar o comportamento e a lei das proporções de	Possui roteiro fechado. Experimento demonstrativo o professor é executor da proposta experimental.

	Conservação e proporção em massa	Conservação de Massa (p. 25)	massa de alguns materiais quando submetidos a queima (Experimento com base na construção da balança de pratos de Lavoisier)	
1º série / Volume 2	03. Implicações socioambientais da produção e do uso de combustíveis	Experimento 3. Carbonização da madeira: produção de carvão vegetal (p.44)	Observar o processo de obtenção de carvão vegetal em pequena escala e discutir suas implicações para o ser humano e para a natureza.	Possui roteiro fechado. O professor é o executor pois o experimento só é encontrado no guia do professor
1º série / Volume 2	03. Implicações socioambientais da produção e do uso de combustíveis	Experimento 4. Como reconhecer uma substância ácida, básica ou neutra (p. 46)	Estudar as propriedades características de substâncias ácidas, básicas e neutras.	Possui roteiro fechado. Atividade experimental de verificação.
1ª série / Volume 4	02. Previsão das quantidades de reagentes e de produtos nas transferências Químicas	Decomposição térmica do hidrogeno carbonato de sódio (Bicarbonato de sódio) (p.22)	Prever através de cálculos a quantidade necessária de reagentes e produtos em reações Químicas.	Possui roteiro fechado. Atividade demonstrativa de verificação.
1ª série / Volume 4	03. Energia liberada ou absorvida nas transformações Químicas	Reação entre alumínio e hidróxido de sódio (p. 33)	Estudar as questões de energia liberada e adquirida durante as reações de transformações Químicas.	Possui roteiro fechado. Atividade demonstrativa e de verificação

**APÊNDICE B:** A Proposta Curricular do Estado de São Paulo: síntese das atividades experimentais destinadas a 2ª série do ensino médio.

Série / Volume	Situação de Aprendizagem	Título e página do Experimento	Objetivo do experimento/ Observações	Tipo de Abordagem Experimental
2ª série/ Volume 1	01 Propriedades da água para consumo humano	Atividade 1. Até quando um sólido é solúvel em água? (p. 19).	Observar a solubilidade de $\text{CuCO}_4$ em água, bem como sua mudança de coloração ao longo do experimento.	Possui roteiro fechado. Atividade de demonstração.
2ª série/ Volume I	01 Propriedades da água para consumo humano	Atividade 3. Como a presença de solutos afeta a	Observar como um ovo pode mudar seu comportamento	Não possui roteiro fechado, espera-se que o professor faça testes antes de apresentar a proposta para os alunos.

		propriedade do solvente (p. 26).	quando inserido em água diluída com diferentes concentrações de NaCl.	Atividade de demonstração.
2ª série / Volume 1	03. Concentração de Soluções.	Experimento sobre diluições (p. 46)	Estudar o efeito de diferentes concentrações de solutos em diferentes solventes.	Possui roteiro fechado, espera-se que o professor o realize a partir do material <i>Oficinas de Química</i> , disponível na <i>Rede do saber</i> ( <a href="http://www.rededosaber.sp.gov.br">www.rededosaber.sp.gov.br</a> )
2ª série / Volume 2	01 Explicando o comportamento de materiais	Atividade 1.1 O modelo de Rutherford Bohr para explicação do comportamento da matéria (p. 13)	Problematização sobre os materiais que apresentam condutibilidade elétrica em diferentes graus.	Apesar da atividade apresentar roteiro para execução, a atividade tem traços investigativos.
2ª série / Volume 2	02 Explicando o comportamento de materiais: ligações em termos de moléculas	Atividade 2.1. As ideias sobre estrutura da matéria para explicar a existência das ligações Químicas (p. 41)	Observar o crescimento de cristais de NaCl em determinado espaço de tempo.	Possui roteiro fechado. Devido ao fato de ser um experimento demorado, sugere-se que o professor o execute e faça observações ao longo das aulas para notar a reação.
2ª série / Volume 2	04 Representando a energia envolvida nas transformação: o uso de diagramas de energia	Atividade de revisão. Queima de combustíveis (p. 61)	Observar a queima de diferentes combustíveis.	Possui roteiro fechado dedicado ao professor, atividade demonstrativa e verificacionista.
2ª série / Volume 4	02 Estudando o processo de eletrólise	Experimento 1. Estudando a interação entre palha de aço e solução de sulfato de cobre (p. 15)	Estudar reações de oxidação e redução (Redox)	Sugere-se um roteiro para que o professor demonstre a interação das reações redox.
2ª série / Volume 4	02 Estudando o processo de eletrólise	Experimento 2. Estudando a interação entre placas de cobre e solução de $\text{CuSO}_4$ com fornecimento de corrente elétrica (p. 16)	Estudar reações de oxidação e redução (Redox)	Sugere-se um roteiro para que o professor demonstre a interação das reações redox.
2ª série / Volume 4	02 Estudando o processo de eletrólise	Experimento 3. Estudando a interação entre placas de cobre e solução de $\text{CuSO}_4$ com fornecimento de corrente elétrica (p.17)	Estudar reações de oxidação e redução (Redox)	Sugere-se um roteiro para que o professor demonstre a interação das reações redox.

2ª série / Volume 4	03 Como funcionam as pilhas?	Experimento 1. Construção de um pilha de Daniel (p. 22)	Construir e estudar o funcionamento de um pilha de Daniel.	Possui roteiro fechado, sugerindo-se que o professor faça o experimento, salienta-se que caso o professor não obtiver os materiais necessário que faça um esquema explicativo do funcionamento da pilha.
2ª série / Volume 4	03 Como funcionam as pilhas?	Experimento 2. Analisando a reatividade de alguns metais em presença de soluções que contém cátions desses metais (p. 28).	Estudar a reatividade de metais.	Possui roteiro fechado, sugerindo-se que o professor faça o experimento, atividade de demonstração.

**APÊNDICE C:** Proposta Curricular do Estado de São Paulo: síntese das atividades experimentais destinadas a 3ª série do ensino médio.

Série / Volume	Situação de Aprendizagem	Título e página do Experimento	Objetivo do experimento/ Observações	Tipo de Abordagem Experimental
3ª série/ Volume 1	03 É possível alterar a rapidez com que uma transformação Química ocorre?	Experimento 1. Rapidez das transformações Químicas usando comprimido efervescente e água (p. 34)	Estudar a velocidade das transformações Químicas.	Possui roteiro fechado. Atividade experimental de verificação, sugere-se que os alunos trabalhem em grupos;
3ª série/ Volume I	03 É possível alterar a rapidez com que uma transformação Química ocorre?	Experimento 2. Estudando a rapidez das transformações Químicas envolvendo bicarbonato de sódio e vinagre (p. 37)	Estudar a velocidade das transformações Químicas.	Possui roteiro fechado. Atividade experimental de verificação, sugere-se que os alunos trabalhem em grupos;
3ª série / Volume 3	04 A Biosfera como fonte de alimentos para o ser humano	Atividade 2. Estudo da estrutura dos lipídeos, carboidratos e proteínas. (p.38)	Realizar procedimento de produção de sabão.	A proposta indica um livro em que pode-se encontrar este procedimento. Atividade experimental demonstrativa e verificacionista de teoria.
3ª série / Volume 4	03 Perturbações na Biosfera	Separação de plásticos de acordo com suas densidades (p.51)	A atividade não possui roteiro e a intenção é que os alunos proponham um procedimento experimental que permita a separação de plásticos de acordo com suas densidades.	Atividade investigativa, não possui roteiro.

## APÊNDICE D

### FICHA DE AVALIAÇÃO DAS PROPOSTAS EXPERIMENTAIS

N°	Título da Proposta (página)	Planejamento da proposta experimental (metodológico)									Planejamento para montagem/execução da proposta								Planejamento (solicitar para o aluno)					
		Interesse Metodológico			Apresentação da proposta			Local da proposta no capítulo			Local indicado para realização da atividade			Material indicado			Quem deve ser o responsável pela execução da atividade?		O que fazer com as observações e dados coletados?					
		V. / Ob.	D. / Exp.	I.	Rot. Fech.	Rot. Ab.	Imag+ etp.	Ft	I.	M.	F.	Sala	Lab.	N.I.	Mat. Lab.	Adapt.	N.I.	P	A	P+A	NI	Q	G	D

**LEGENDA:** **V./Ob.:** Verificação/Observação; **D./Exp:** Demonstração/Explicação; **I.:** Investigação; **Rot. Fech.:** Roteiro Fechado; **Rot. Ab.:** Roteiro Aberto; **Imag+ etp.:** Imagens passo a passo e resultados esperados; **Ft.:** fotos ilustrativas; **I:** início do capítulo/ módulo; **M:** Metade do capítulo/ Módulo; **F:** Final do capítulo/módulo; ; **Sala:** Sala de aula; **Lab.:** Laboratório; **NI:** Não indicado, a critério do professor; **Mat.Lab.:** Materiais de Laboratório; **Adap.:** Materiais adaptados e de baixo custo, **NI:** Não indicado a critério do professor **P:** Professor; **A:** Aluno, **P+A:** professor e aluno; **N.I.** não indicado, o professor deve escolher a melhor forma a proceder; **Q.:** Questionário a responder; **G:** Construção de gráficos, tabelas e realização de cálculos; **D.:** Discussões em grupo.

## APÊNDICE E

MORTIMER, Eduardo F. **Química 1: ensino médio**/ Eduardo Fleury Mortimer, Andréa Horta Machado. – São Paulo: Scipione, 2010.

Nº	Título da Proposta (página)	Planejamento da proposta experimental (metodológico)											Planejamento para montagem/execução da proposta								Planejamento (solicitar para o aluno)				
		Interesse Metodológico			Apresentação da proposta				Local da proposta no capítulo				Local indicado para realização da atividade			Material indicado			Quem deve ser o responsável pela execução da atividade?				O que fazer com as observações e dados coletados?		
		V. / Ob.	D. / Exp.	I.	Rot. Fech.	Rot. Ab.	Imag+ etp.	Ft	I.	M.	F.	Sala	Lab.	N.I.	Mat. Lab.	Adapt.	N.I.	P	A	P+A	NI	Q	G	D	
1	Determinação do teor de álcool na gasolina (p. 40)	X			X			X		X				X	X						X	X	X	X	
2	Investigando a água Sob aquecimento (p. 43)	X	X		X			X		X				X					X		X	X	X	X	
3	Investigando o comportamento da água e de uma mistura de água e sal sob resfriamento (45)	X	X		X		X			X				X						X	X	X	X	X	
4	Reaproveitando o óleo de cozinha: receita para fabricação de sabão de		X		X				X					X		X			X		X			X	





MORTIMER, Eduardo. F. **Química, 2: ensino médio**/ Eduardo Fleury Mortimer, Andréa Horta Machado. – São Paulo: Scipione, 2010. 296p.

Nº	Título da Proposta (página)	Planejamento da proposta experimental (metodológico)									Planejamento para montagem/execução da proposta								Planejamento (solicitar para o aluno)				
		Interesse Metodológico			Apresentação da proposta			Local da proposta no capítulo			Local indicado para realização da atividade			Material indicado			Quem deve ser o responsável pela execução da atividade?		O que fazer com as observações e dados coletados?				
		V. / Ob.	D. / Exp.	I.	Rot. Fech.	Rot. Ab.	Imag+ etp.	Ft	I.	M.	F.	Sala	Lab.	N.I.	Mat. Lab.	Adapt.	N.I.	P	A	P+A	NI	Q	G
1	Soluções: a formação de cavernas calcárias (p. 20-22)	X	X		X			X	X				X	X	X				X		X		X
2	Brincando de detetive químico usando a solubilidade (p. 32-34)	X	X		X			X					X	X				X			X	X	X
3	Temperatura e termômetros (p. 53)	X					X	X			X			X	X			X			X		X
4	Temperatura e sensação quente e frio (p. 55)	X			X		X	X			X				X			X			X	X	X
5	Temperatura e calor (p.57)	X	X		X		X		X				X	X	X				X		X	X	X

### DADOS QUALITATIVOS

6	Condições para ebulição da água (p. 59)	X	X		X			X		X			X		X			X		X	X	X
7	Os calores nas transformações Químicas e nas mudanças de estado físico (p. 76)	X	X		X			X		X			X		X			X		X	X	X
8	Fatores que afetam a velocidade de uma reação (p. 126)	X	X		X			X	X				X	X				X		X	X	X
9	Reações reversíveis (p. 142)	X	X		X			X	X				X		X			X		X	X	X
10	Construção de uma escala de pH (p. 153)	X	X		X			X		X			X	X	X			X				X
11	Vitamina C como agente redutor – interação com iodo (p. 175)	X	X		X			X	X				X	X				X				X
12	Vitamina C como agente redutor – interação com permanganato de potássio (p. 184)	X	X		X			X	X				X	X				X		X	X	X
13	Maçãs especiais (p. 187)	X	X		X			X		X				X				X		X		X
14	Compreendendo a tabela de	X	X		X			X	X				X	X				X		X		X



MORTIMER, Eduardo. Química, 3: ensino médio/ Eduardo Fleury Mortimer, Andréa Horta Machado. – São Paulo: Scipione, 2010. 296p.

### DADOS QUALITATIVOS

Nº	Título da Proposta (página)	Planejamento da proposta experimental (metodológico)									Planejamento para montagem/execução da proposta									Planejamento (solicitar para o aluno)				
		Interesse Metodológico			Apresentação da proposta			Local da proposta no capítulo			Local indicado para realização da atividade			Material indicado			Quem deve ser o responsável pela execução da atividade?			O que fazer com as observações e dados coletados?				
		V. / Ob.	D. / Exp.	I.	Rot. Fech.	Rot. Ab.	Imag+ etp.	Ft	I.	M.	F.	Sala	Lab.	N.I.	Mat. Lab.	Adapt.	N.I.	P	A	P+A	NI	Q	G	D
1	Construindo um "Fumômetro" (p. 16)	X	X		X			X	X				X	X	X				X			X		X
2	Determinação do oxigênio dissolvido numa amostra de água (p. 158)	X	X		X				X			X					X				X	X	X	
3	Medindo o pH de uma amostra de água a partir de uma escala de pH (p. 169-171)	X	X		X			X	X				X	X	X				X			X		X

4	Construindo um turbímetro (p. 173-176)	X	X		X		X			X				X	X	X				X		X		X
<b>TOTAL</b>		<b>4</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>4</b>

## APÊNDICE F

LISBOA, J. C. F. **Química, 1º ano: ensino médio**/ org. Júlio Cezar Foschini Lisboa – 1. Ed. – São Paulo: Edições SM, 2010 (Coleção Ser Protagonista)

Nº	Título da Proposta (página)	Planejamento da proposta experimental (metodológico)											Planejamento para montagem/execução da proposta								Planejamento (solicitar para o aluno)			
		Interesse Metodológico			Apresentação da proposta			Local da proposta no capítulo			Local indicado para realização da atividade			Material indicado			Quem deve ser o responsável pela execução da atividade?			O que fazer com as observações e dados coletados?				
		V. / Ob.	D. / Exp.	I.	Rot. Fech.	Rot. Ab.	Imag + etp.	Ft.	I.	M.	F.	Sal a	Lab.	N.I.	Mat. Lab.	Adapt.	N.I.	P	A	P+ A	N I	Q	G	D
1	Utilização de instrumentos de medida de volume e determinação do volume de uma gota de água (p. 35)	X			X			X	X					X	X				X			X	X	X
2	Aquecimento de uma amostra de água e construção do gráfico de mudança do	X			X			X	X					X					X			X	X	X



11	Condições pra ocorrência de reações (p. 269)	X	X		X			X			X	X					X		X		X			
12	Indicadores ácido-base (p. 291)	X			X			X			X	X	X			X			X		X			
13	A chuva ácida (p. 311)	X	X		X			X	X		X	X	X				X		X		X			
14	Determinação de um padrão de massa (p. 329)	X	X		X			X			X		X				X		X	X	X			
15	Água de hidratação (p. 345)	X	X		X			X			X	X					X		X	X	X			
16	Volume molar dos gases (p. 369)	X			X			X			X		X				X		X	X	X			
17	Determinação das quantidades de reagentes e de produtos que participam de uma reação Química (p. 389)	X			X			X			X	X	X				X		X	X	X			
18	Há limitações para ocorrência de uma reação? (p. 405)	X	X		X			X			X	X	X				X		X	X	X			
<b>TOTAL</b>		<b>15</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>18</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>18</b>	<b>11</b>	<b>18</b>

**LEGENDA:** V./Ob.: Verificação/Observação; D./Exp: Demonstração/Explicação; I.: Investigação; Rot. Fech.: Roteiro Fechado; Rot. Ab.: Roteiro Aberto; Imag+ etp.: Imagens passo a passo e resultados esperados; Ft.: fotos ilustrativas; I: início do capítulo/ módulo; M: Metade do capítulo/ Módulo; F: Final do capítulo/módulo; ; Sala: Sala de aula; Lab.: Laboratório; NI: Não indicado, a critério do professor; Mat.Lab.: Materiais de Laboratório; Adap.: Materiais adaptados e de baixo custo, NI: Não indicado a critério do professor P: Professor; A: Aluno, P+A: professor e aluno; N.I. não indicado, o professor deve escolher a melhor forma a proceder; Q.: Questionário a responder; G: Construção de gráficos, tabelas e realização de cálculos; D.: Discussões em grupo.

LISBOA, J. C. F. **Química, 2º ano: ensino médio**/ organizador Júlio Cezar Foschini Lisboa – 1. Ed. – São Paulo: Edições SM, 2010 (Coleção Ser Protagonista)

Nº	Título da Proposta (página)	Planejamento da proposta experimental (metodológico)									Planejamento para montagem/execução da proposta								Planejamento (solicitar para o aluno)				
		Interesse Metodológico			Apresentação da proposta				Local da proposta no capítulo		Local indicado para realização da atividade			Material indicado			Quem deve ser o responsável pela execução da atividade?		O que fazer com as observações e dados coletados?				
		V. / Ob.	D. / Exp.	I.	Rot. Fech.	Rot. Ab.	Imag+ etp.	Ft	I.	M.	F.	Sala	Lab.	N.I.	Mat. Lab.	Adapt.	N.I.	P	A	P+A	NI	Q	G
1	Efeito Tyndal: identificação das suspensões (p. 25)	X	X		X		X			X			X	X	X				X		X		X
2	Determinação da concentração de sólidos em uma amostra de água (p. 41)	X			X		X			X			X	X					X		X	X	X
3	Osmose (p. 83)	X			X		X			X			X		X			X			X		X
4	Decomposição da água oxigenada (p. 105)	X		X	X		X			X			X	X	X				X		X	X	X
5	Rapidez de uma reação Química (p. 127)	X			X		X			X			X	X					X		X		X
6	Cinética na reação (p. 145)	X			X		X			X			X	X					X		X		X

7	Como a concentração dos reagentes pode alterar a rapidez da reação? (p. 159)	X			X		X				X			X	X				X		X		X
8	Determinação da concentração de acidez de dissolução do ácido acético (p. 183)	X			X					X			X	X	X				X		X	X	X
9	Fatores que afetam o estado de equilíbrio (p. 197)	X	X		X					X			X	X	X				X		X	X	X
10	A força dos ácidos e das bases (p. 215)	X			X			X		X			X						X		X	X	X
11	Determinação da acidez de uma amostra de suco de limão ou de laranja (p. 235)	X			X			X		X			X	X	X				X		X	X	X
12	Hidrólise de sais (p. 253)	X			X			X		X			X	X					X		X		X
13	Estudo da influência da temperatura na solubilidade	X			X			X		X			X	X					X		X		X



LISBOA, J. C. F. **Química, 3º ano: ensino médio**/ organizador Júlio Cezar Foschini Lisboa – 1. Ed. – São Paulo: Edições SM, 2010 (Coleção Ser Protagonista

Nº	Título da Proposta (página)	Planejamento da proposta experimental (metodológico)									Planejamento para montagem/execução da proposta										Planejamento (solicitar para o aluno)			
		Interesse Metodológico			Apresentação da proposta			Local da proposta no capítulo			Local indicado para realização da atividade			Material indicado			Quem deve ser o responsável pela execução da atividade?				O que fazer com as observações e dados coletados?			
		V. / Ob.	D. / Exp.	I.	Rot. Fech.	Rot. Ab.	Imag+ etp.	Ft	I.	M.	F.	Sala	Lab.	N.I.	Mat. Lab.	Adapt.	N.I.	P	A	P+A	NI	Q	G	D
1	Determinação da massa molar do gás butano (p. 43)	X			X			X			X		X	X					X		X	X	X	
2	Amadurecimento de frutas (p. 75)	X			X		X			X			X		X			X			X	X	X	
3	Reatividade dos compostos saturados e insaturados (p. 95)	X			X		X			X			X	X					X		X	X	X	
4	Acidez e reatividade do suco de limão (p. 129)	X			X		X			X			X	X	X				X		X	X	X	
5	Cravos coloridos (p. 153)	X			X		X			X			X		X			X			X		X	
6	Determinação da presença de amido utilizando solução aquosa	X			X		X			X			X	X	X				X		X		X	

	de iodo e iodeto de potássio (p. 169)																				
7	Comparação das propriedades do glutamato monossódico e as do ácido glutâmico (p. 181)	X	X		X				X			X	X				X		X		X
8	Preparo de álcool desinfetante (p. 195)	X			X				X			X	X				X		X		X
9	Introdução as reações orgânicas (p. 267)	X			X			X	X			X	X	X			X		X	X	X
10	Arco íris de licopeno (p. 293)	X			X			X	X			X	X				X		X		X
11	Escurecimento de frutas (p. 309)	X			X			X	X			X		X			X		X		X
12	Obtenção de álcool (p. 325)	X			X			X	X			X		X			X		X		X
13	Identificação de frutose em uvas (p. 335)	X			X			X	X			X	X	X			X		X		X
14	Determinação da concentração de ácido acético em amostra de vinagre (p. 351)	X			X			X	X			X	X				X		X	X	X
15	Produção de são artesanal (p. 367)	X			X			X	X			X	X				X		X		X

16	Cola caseína (p. 409)	X			X					X			X	X				X		X	X	X		
17	Fazendo papel reciclado (p. 423)	X			X					X			X		X			X		X		X		
<b>TOTAL</b>		<b>17</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>17</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>11</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>17</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>17</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>15</b>	<b>0</b>	<b>17</b>	<b>7</b>	<b>17</b>

**LEGENDA:** **V./Ob.:** Verificação/Observação; **D./Exp:** Demonstração/Explicação; **I.:** Investigação; **Rot. Fech.:** Roteiro Fechado; **Rot. Ab.:** Roteiro Aberto; **Imag+ etp.:** Imagens passo a passo e resultados esperados; **Ft.:** fotos ilustrativas; **I:** início do capítulo/ módulo; **M:** Metade do capítulo/ Módulo; **F:** Final do capítulo/módulo; ; **Sala:** Sala de aula; **Lab.:** Laboratório; **NI:** Não indicado, a critério do professor; **Mat.Lab.:** Materiais de Laboratório; **Adap.:** Materiais adaptados e de baixo custo, **NI:** Não indicado a critério do professor **P:** Professor; **A:** Aluno, **P+A:** professor e aluno; **N.I.** não indicado, o professor deve escolher a melhor forma a proceder; **Q.:** Questionário a responder; **G:** Construção de gráficos, tabelas e realização de cálculos; **D.:** Discussões em grupo.

## APÊNDICE G

FONSECA, Martha R. M. *Coleção Química Meio Ambiente Cidadania e Tecnologia – 1ª edição – São Paulo: FTD, 2010. (Volume 1)*

### DADOS QUALITATIVOS

Nº	Título da Proposta (página)	Planejamento da proposta experimental (metodológico)									Planejamento para montagem/execução da proposta									Planejamento (solicitar para o aluno)			
		Interesse Metodológico			Apresentação da proposta			Local da proposta no capítulo			Local indicado para realização da atividade			Material indicado			Quem deve ser o responsável pela execução da atividade?			O que fazer com as observações e dados coletados?			
		V. / Ob.	D. / Exp.	I.	Rot. Fech.	Rot. Ab.	Imag+ etp.	Ft	I.	M.	F.	Sala	Lab.	N.I.	Mat. Lab.	Adapt.	N.I.	P	A	P+A	NI	Q	G
1	Volume de chuva-pluviômetro (p. 22)	X			X			X	X				X		X			X			X	X	X
2	Densidade e corrente de convenção (p. 27)	X	X		X			X		X				X				X			X	X	X
3	Indícios de transformações Químicas (p. 56)	X			X			X		X				X				X			X	X	X
4	Indicadores ácido-base (p.60)	X			X					X			X		X				X		X		X
5	Combustão na balança de pratos (p. 103)	X	X		X				X				X		X		X				X		X
6	Eletrólise da água (p. 120)	X	X		X		X			X			X	X	X		X				X		X

7	Relação de massas (p. 147)	X			X					X		X				X			X		X	X	X	
8	Eletrólitos e não eletrólitos (p. 186)	X	X		X			X	X					X	X	X			X		X		X	
9	Polaridade e solubilidade (p.288)	X			X					X				X		X			X		X		X	
10	Bolhas mais resistentes (p. 293)	X			X					X		X				X			X		X		X	
11	Crescimento de Cristais (p. 387)	X			X					X				X		X			X		X		X	
<b>TOTAL</b>		<b>11</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>11</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>11</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>11</b>	<b>4</b>	<b>11</b>

**LEGENDA:** V./Ob.: Verificação/Observação; D./Exp: Demonstração/Explicação; I.: Investigação; Rot. Fech.: Roteiro Fechado; Rot. Ab.: Roteiro Aberto; Imag+ etp.: Imagens passo a passo e resultados esperados; Ft.: fotos ilustrativas; I: início do capítulo/ módulo; M: Metade do capítulo/ Módulo; F: Final do capítulo/módulo; ; Sala: Sala de aula; Lab.: Laboratório; NI: Não indicado, a critério do professor; Mat.Lab.: Materiais de Laboratório; Adap.: Materiais adaptados e de baixo custo, NI: Não indicado a critério do professor P: Professor; A: Aluno, P+A: professor e aluno; N.I. não indicado, o professor deve escolher a melhor forma a proceder; Q.: Questionário a responder; G: Construção de gráficos, tabelas e realização de cálculos; D.: Discussões em grupo.

FONSECA, Martha R.M. **Coleção Química Meio ambiente Cidadania e Tecnologia.** - 1ª edição – São Paulo: FTD, 2010. (Volume 2).

### DADOS QUALITATIVOS

N°	Título da Proposta (página)	Planejamento da proposta experimental (metodológico)									Planejamento para montagem/execução da proposta									Planejamento (solicitar para o aluno)					
		Interesse Metodológico			Apresentação da proposta			Local da proposta no capítulo			Local indicado para realização da atividade			Material indicado			Quem deve ser o responsável pela execução da atividade?			O que fazer com as observações e dados coletados?					
		V. / Ob.	D. / Exp.	I.	Rot. Fech.	Rot. Ab.	Imag + etp.	F t	I.	M.	F.	Sal a	Lab.	N.I.	Mat. Lab.	Adapt.	N.I.	P	A	P+ A	N I	Q	G	D	
1	Propriedades dos gases (p. 16)	X	X		X			X	X				X		X				X		X		X		X
2	Construção de psicômetro (p. 54)	X			X		X			X			X	X	X				X		X	X	X		X
3	Interações solvente-soluto (p. 89)	X			X			X					X		X				X		X		X		X
4	Difusão entre solvente puro e solução (p. 154)	X	X		X		X		X				X	X	X				X		X		X		X
5	Calor e trabalho (p. 187)	X	X		X				X				X		X		X		X		X		X		X
6	Taxa de desenvolvimento da reação (p. 222)	X			X				X				X		X				X		X		X		X
7	Efeito do íon comum no equilíbrio (p. 308)	X	X		X				X				X	X	X				X		X	X	X		X

8	Pilhas caseiras (p.333)	X	X		X		X	X	X					X	X	X				X		X		X
9	Eletrólise de iodeto de potássio (p. 380)	X	X		X		X			X				X	X	X				X		X		X
<b>TOTAL</b>		<b>9</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>9</b>

**LEGENDA:** V./Ob.: Verificação/Observação; D./Exp: Demonstração/Explicação; I.: Investigação; Rot. Fech. : Roteiro Fechado; Rot. Ab.: Roteiro Aberto; Imag+ etp.: Imagens passo a passo e resultados esperados; Ft.: fotos ilustrativas; I: início do capítulo/ módulo; M: Metade do capítulo/ Módulo; F: Final do capítulo/módulo; ; Sala: Sala de aula; Lab.: Laboratório; NI: Não indicado, a critério do professor; Mat.Lab.: Materiais de Laboratório; Adap.: Materiais adaptados e de baixo custo, NI: Não indicado a critério do professor P: Professor; A: Aluno, P+A: professor e aluno; N.I. não indicado, o professor deve escolher a melhor forma a proceder; Q.: Questionário a responder; G: Construção de gráficos, tabelas e realização de cálculos; D.: Discussões em grupo.

FONSECA, Martha R.M. **Coleção Química Meio ambiente Cidadania e Tecnologia.** - 1ª edição – São Paulo: FTD, 2010. (Volume 3)

### DADOS QUALITATIVOS

Nº	Título da Proposta (página)	Planejamento da proposta experimental (metodológico)									Planejamento para montagem/execução da proposta									Planejamento (solicitar para o aluno)				
		Interesse Metodológico			Apresentação da proposta			Local da proposta no capítulo			Local indicado para realização da atividade			Material indicado			Quem deve ser o responsável pela execução da atividade?			O que fazer com as observações e dados coletados?				
		V. / Ob.	D. / Exp.	I.	Rot. Fech.	Rot. Ab.	Imag+ etp.	Ft	I.	M.	F.	Sala	Lab.	N.I.	Mat. Lab.	Adapt.	N.I.	P	A	P+A	NI	Q	G	D
1	Sachês Perfumados (p. 48)	X			X			X	X				X		X			X			X		X	
2	Modificando a estrutura do polímero (p. 278)	X			X				X				X		X				X		X		X	
3	Extrato glucólico de proteínas do leite (p. 354)	X			X					X			X		X				X		X		X	
TOTAL		3	0	0	3	0	0	1	1	1	1	0	0	3	0	3	0	0	1	2	0	3	0	3

**LEGENDA:** V./Ob.: Verificação/Observação; D./Exp: Demonstração/Explicação; I. :Investigação; Rot. Fech. : Roteiro Fechado; Rot. Ab.: Roteiro Aberto; Imag+ etp.: Imagens passo a passo e resultados esperados; Ft.: fotos ilustrativas; I: início do capítulo/ módulo; M: Metade do capítulo/ Módulo; F: Final do capítulo/módulo; ; Sala: Sala de aula; Lab.: Laboratório; NI: Não indicado, a critério do professor; Mat.Lab.: Materiais de Laboratório; Adap.: Materiais adaptados e de baixo custo, NI: Não indicado a critério do professor P: Professor; A: Aluno, P+A: professor e aluno; N.I. não indicado, o professor deve escolher a melhor forma a proceder; Q.: Questionário a responder; G: Construção de gráficos, tabelas e realização de cálculos; D.: Discussões em grupo.

## APÊNDICE H \*

PERUZZO, Francisco M. **Química na abordagem do cotidiano**/ Francisco Miragaia Peruzzo, Eduardo Leite do Canto. – 4 ed. – São Paulo: moderna, 2006. V.1 Química geral e inorgânica.

Nº	Título da Proposta (página)	Planejamento da proposta experimental (metodológico)									Planejamento para montagem/execução da proposta									Planejamento (solicitar para o aluno)				
		Interesse Metodológico			Apresentação da proposta			Local da proposta no capítulo			Local indicado para realização da atividade			Material indicado			Quem deve ser o responsável pela execução da atividade?			O que fazer com as observações e dados coletados?				
		V. / Ob.	D. / Exp.	I.	Rot. Fech.	Rot. Ab.	Imag+ etp.	Ft	I.	M.	F.	Sala	Lab.	N.I.	Mat. Lab.	Adapt.	N.I.	P	A	P+A	NI	Q	G	D
1	Reação Química / Evidencia de reações (p. 50)	X			X			X					X		X			X						X
2	Oxidação da palha de aço (p. 53)	X			X		X	X					X		X			X						X
3	Realizar uma reação Química de decomposição (p. 55)	X			X			X					X		X			X						X
4	Sangue do diabo (p. 229)	X			X		X	X		X				X				X						
5	Sais de Magnésio Base solúvel e insolúvel (p. 231)		X			X	X		X				X	X			X							



PERUZZO, Francisco M. **Química na abordagem do cotidiano**/ Francisco Miragaia Peruzzo, Eduardo Leite do Canto. – 4 ed. – São Paulo: moderna, 2006. V.2 Físico Química.

Nº	Título da Proposta (página)	Planejamento da proposta experimental (metodológico)										Planejamento para montagem/execução da proposta								Planejamento (solicitar para o aluno)				
		Interesse Metodológico			Apresentação da proposta				Local da proposta no capítulo			Local indicado para realização da atividade			Material indicado			Quem deve ser o responsável pela execução da atividade?				O que fazer com as observações e dados coletados?		
		V. / Ob.	D. / Exp.	I.	Rot. Fech.	Rot. Ab.	Imag+ etp.	Ft	I.	M.	F.	Sala	Lab.	N.I.	Mat. Lab.	Adapt.	N.I.	P	A	P+A	NI	Q	G	D
1	Preparo de soluções (p. 12)		X		X		X						X	X			X							
2	Noções d experimentos caseiros (p. 19)	X			X		X		X				X		X				X					
3	Diluição de soluções (p. 31)		X		X		X			X			X	X			X							
4	Titulação (p. 35)		X		X		X			X			X	X			X							
5	Agente Oxidante e Agente Redutor (p. 103)		X				X		X				X	X			X							
6	Pilha de limão (p. 120)		X		X		X		X				X	X	X		X							

7	Eletrólise aquosa (p. 165)		X		X		X		X				X	X			X							
8	Cinética (p. 232)		X		X		X		X				X	X			X							
9	Efeito catalizador (p. 249)		X		X		X			X			X	X			X							
10	Constante de basicidade (p. 286)		X		X		X			X			X	X			X							
11	Indicadores ácido –base (p. 295)		X		X		X				X		X	X			X							
12	Uso de pHmetro (p. 301)		X		X		X				X		X	X			X							
<b>TOTAL</b>		<b>1</b>	<b>11</b>	<b>0</b>	<b>11</b>	<b>0</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>11</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

**LEGENDA:** V./Ob.: Verificação/Observação; D./Exp: Demonstração/Explicação; I.: Investigação; Rot. Fech.: Roteiro Fechado; Rot. Ab.: Roteiro Aberto; Imag+ etp.: Imagens passo a passo e resultados esperados; Ft.: fotos ilustrativas; I: início do capítulo/ módulo; M: Metade do capítulo/ Módulo; F: Final do capítulo/módulo; ; Sala: Sala de aula; Lab.: Laboratório; NI: Não indicado, a critério do professor; Mat.Lab.: Materiais de Laboratório; Adap.: Materiais adaptados e de baixo custo, NI: Não indicado a critério do professor P: Professor; A: Aluno, P+A: professor e aluno; N.I. não indicado, o professor deve escolher a melhor forma a proceder; Q.: Questionário a responder; G: Construção de gráficos, tabelas e realização de cálculos; D.: Discussões em grupo.

PERUZZO, Francisco M. **Química na abordagem do cotidiano**/ Francisco Miragaia Peruzzo, Eduardo Leite do Canto. – 4 ed. – São Paulo: moderna, 2006. V.3 Química Orgânica.

Nº	Título da Proposta (página)	Planejamento da proposta experimental (metodológico)									Planejamento para montagem/execução da proposta									Planejamento (solicitar para o aluno)				
		Interesse Metodológico			Apresentação da proposta			Local da proposta no capítulo			Local indicado para realização da atividade			Material indicado			Quem deve ser o responsável pela execução da atividade?			O que fazer com as observações e dados coletados?				
		V./Ob.	D./Exp.	I.	Rot. Fech.	Rot. Ab.	Imag+ etp.	Ft	I.	M.	F.	Sala	Lab.	N.I.	Mat. Lab.	Adapt.	N.I.	P	A	P+A	NI	Q	G	D
1	O benzeno queima com formação de fuligem (p. 30)		X				X			X		X		X			X							
2	Reações de oxidação de álcoois (p. 226)		X		X			X				X		X			X							
3	Teste de Bayer (p. 229)		X				X			X		X		X			X							
<b>TOTAL</b>		<b>0</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	

**LEGENDA:** V./Ob.: Verificação/Observação; D./Exp: Demonstração/Explicação; I.: Investição; Rot. Fech. : Roteiro Fechado; Rot. Ab.: Roteiro Aberto; Imag+ etp.: Imagens passo a passo e resultados esperados; Ft.: fotos ilustrativas; I: início do capítulo/ módulo; M: Metade do capítulo/ Módulo; F: Final do capítulo/módulo; ; Sala: Sala de aula; Lab.: Laboratório; NI: Não indicado, a critério do professor; Mat.Lab.: Materiais de Laboratório; Adap.: Materiais adaptados e de baixo custo, NI: Não indicado a critério do professor P: Professor; A: Aluno, P+A: professor e aluno; N.I. não indicado, o professor deve escolher a melhor forma a proceder; Q.: Questionário a responder; G: Construção de gráficos, tabelas e realização de cálculos; D.: Discussões em grupo. \*Obs: Neste livro todos os experimentos possuem imagens passo a passo logo é absolutamente opcional realizar os experimentos pois não há necessidade de anotar as observações e analisá-las através de discussões ou gráficos.

## APÊNDICE I

PEQUIS. **Química cidadã: materiais, substâncias, constituintes, Química ambiental e suas implicações sociais, volume 1: ensino médio/** Wildson Luiz Pereira dos Santos, Gerson de Souza Mól, (coord.) – 1ed. – São Paulo: Editora AJS, 2012 – (Coleção Química para a nova geração).

### DADOS QUALITATIVOS

N°	Título da Proposta (página)	Planejamento da proposta experimental (metodológico)									Planejamento para montagem/execução da proposta									Planejamento (solicitar para o aluno)				
		Interesse Metodológico			Apresentação da proposta			Local da proposta no capítulo			Local indicado para realização da atividade			Material indicado			Quem deve ser o responsável pela execução da atividade?			O que fazer com as observações e dados coletados?				
		V. / Ob.	D. / Exp.	I.	Rot. Fech.	Rot. Ab.	Imag+ etp.	Ft	I.	M.	F.	Sala	Lab.	N.I.	Mat. Lab.	Adapt.	N.I.	P	A	P+A	NI	Q	G	D
1	Como sabemos que ocorreu uma reação Química? (p. 15)	X			X				X				X						X			X		X
2	Porque os materiais afundam ou flutuam? (p. 24)	X			X		X	X					X	X	X			X			X			X
3	Que material é mais solúvel? (p. 36/37)	X			X		X	X		X			X					X			X			X
4	Separando materiais	X			X		X			X			X	X	X			X			X			X





PEQUIS. **Química cidadã: materiais, substâncias, constituintes, Química ambiental e suas implicações sociais, volume 2: ensino médio/** Wildson Luiz Pereira dos Santos, Gerson de Souza Mól, (coord.) – 1ed. – São Paulo: Editora AJS, 2012 – (Coleção Química para a nova geração).

### DADOS QUALITATIVOS

Nº	Título da Proposta (página)	Planejamento da proposta experimental (metodológico)									Planejamento para montagem/execução da proposta									Planejamento (solicitar para o aluno)				
		Interesse Metodológico			Apresentação da proposta			Local da proposta no capítulo			Local indicado para realização da atividade			Material indicado			Quem deve ser o responsável pela execução da atividade?			O que fazer com as observações e dados coletados?				
		V. / Ob.	D. / Exp.	I.	Rot. Fech.	Rot. Ab.	Imag+ etp.	Ft	I.	M.	F.	Sala	Lab.	N.I.	Mat. Lab.	Adapt.	N.I.	P	A	P+A	NI	Q	G	D
1	O que acontece com a luz ao atravessar diferentes materiais? (p. 19)	X	X		X			X	X				X	X	X				X			X		X
2	Como preparar uma solução? (p. 38)	X			X				X				X	X	X				X			X	X	X
3	Os líquidos evaporam com a mesma rapidez? (p. 56)	X			X			X	X				X		X			X			X	X	X	
4	Podemos evitar que um líquido	X			X			X	X				X		X			X			X		X	



PEQUIS. **Química cidadã: materiais, substâncias, constituintes, Química ambiental e suas implicações sociais, volume 3: ensino médio/** Wildson Luiz Pereira dos Santos, Gerson de Souza Mól, (coord.) – 1ed. – São Paulo: Editora AJS, 2012 – (Coleção Química para a nova geração).

### DADOS QUALITATIVOS

Nº	Título da Proposta (página)	Planejamento da proposta experimental (metodológico)									Planejamento para montagem/execução da proposta									Planejamento (solicitar para o aluno)				
		Interesse Metodológico			Apresentação da proposta			Local da proposta no capítulo			Local indicado para realização da atividade			Material indicado			Quem deve ser o responsável pela execução da atividade?			O que fazer com as observações e dados coletados?				
		V. / Ob.	D. / Exp.	I.	Rot. Fech.	Rot. Ab.	Imag+ etp.	Ft	I.	M.	F.	Sala	Lab.	N.I.	Mat. Lab.	Adapt.	N.I.	P	A	P+A	NI	Q	G	D
1	É possível retardar o escurecimento de frutas partidas? (p. 85)	X			X					X			X		X			X			X		X	
2	Como se faz um polímero em casa? (p. 152)	X			X				X				X	X	X				X		X		X	
3	O que acontece quando uma corrente elétrica passa por um líquido? (p. 265)		X		X		X		X			X		X			X				X		X	
<b>TOTAL</b>		<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>3</b>

### Considerações sobre a manipulação dos dados.

Para cálculo da percentagem de experimentos das subcategorias, usamos como fórmula geral:

$$\frac{n^{\circ} \text{ de experimentos por subcategorias}}{n^{\circ} \text{ de experimentos do livro}} \times 100 = \% \text{ de exp. por categoria do livro}$$

Para cálculo das médias aritméticas das percentagens de experimentos por volume de livro, considerando E, F, G, H e I as coleções analisadas nos apêndices anteriores, temos:

$$\frac{\sum \% \text{ de exp. por categoria do livro } n^{\circ} \text{ de livros volumes (1; 2; 3)}}{n^{\circ} \text{ de livros volumes (1; 2; 3)}} = \% \text{ média exp. por categ. por vol. do livro}$$

## APÊNDICE J

### Volume 1 – Planejamento Metodológico da Proposta - Média Aritmética das Percentagens

	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>% média</b>
<b>Verificação</b>	28,57	78,94	63,64	44,44	62,50	<b>55,62</b>
<b>Demonstração</b>	7,14	0	0	55,56	25	<b>17,54</b>
<b>Verif+ Demonstr.</b>	64,28	21,05	36,36	0	12,50	<b>26,84</b>
<b>Roteiro Fechado</b>	14,28	0	54,54	22,22	6,25	<b>19,46</b>
<b>Imagens esquema +Rot. Fechado.</b>	21,42	0	9,09	0	93,75	<b>24,85</b>
<b>Imagem fotos +Rot. Fechado</b>	64,28	100	36,36	22,22	0	<b>44,57</b>
<b>Imagens esquemas</b>	0	0	0	33,33	0	<b>6,67</b>
<b>Roteiro Aberto+ Imag</b>	0	0	0	22,22	0	<b>4,47</b>
<b>Início</b>	35,71	0	27,27	33,33	25	<b>24,26</b>
<b>Meio</b>	42,85	0	63,64	44,44	37,50	<b>37,68</b>
<b>Fim</b>	21,42	100	9,09	22,22	37,50	<b>38,04</b>

### Volume 1 – Planejamento de montagem e execução da Proposta - Média Aritmética das Percentagens

	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>% média</b>
<b>Sala de aula</b>	7,14	0	36,36	11,11	18,75	<b>14,67</b>
<b>Laboratório</b>	28,57	0	0	0	25	<b>10,71</b>
<b>Não Indica</b>	64,28	100	63,64	88,88	56,25	<b>74,61</b>
<b>Materiais Lab.</b>	35,71	0	0	55,56	37,50	<b>25,75</b>
<b>Materiais Adap.</b>	14,28	5,26	81,81	44,44	25	<b>34,16</b>
<b>Adap. + Lab.</b>	50	94,73	18,18	0	37,50	<b>40,08</b>
<b>Não Indica</b>	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>Professor</b>	28,57	10,52	18,18	55,56	25	<b>27,56</b>
<b>Alunos</b>	0	10,52	54,54	33,33	37,5	<b>27,18</b>
<b>Prof.+ Alunos</b>	57,14	78,94	27,27	11,11	37,5	<b>42,93</b>

<b>Não Indica</b>	14,28	0	0	0	0	<b>2,85</b>
-------------------	-------	---	---	---	---	-------------

**Volume 1 – Planejamento de atividades a solicitar para o aluno - Média Aritmética das Percentagens**

	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>% média</b>
<b>Discussão</b>	0	0	0	33,33	0	<b>8,09</b>
<b>Gráficos/Cálculos</b>	0	0	0	-	0	<b>0</b>
<b>Questionário</b>	0	0	0	-	0	<b>0</b>
<b>D+Q</b>	0	0	0	-	0	<b>0</b>
<b>Q+D</b>	50	57,90	36,64	-	81,25	<b>50,56</b>
<b>Q+G</b>	0	0	0	-	0	<b>0</b>
<b>Q+D+G</b>	42,85	42,10	36,36	-	18,75	<b>28,01</b>

## APÊNDICE K

### Volume 2 – Planejamento Metodológico da Proposta - Média Aritmética das Percentagens

	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>% média</b>
<b>Verificação</b>	55,56	78,94	33,33	8,33	26,31	<b>41,09</b>
<b>Demonstração</b>	11,11	5,26	0	91,67	0	<b>21,60</b>
<b>Verif+ Demonst.</b>	33,33	15,74	66,67	0	73,68	<b>37,89</b>
<b>Investigação</b>	0	5,26	0	0	0	<b>1,05</b>
<b>Roteiro Fechado</b>	44,44	10,52	33,33	0	94,73	<b>36,60</b>
<b>Imagens esquemas+ Rot. Fechado</b>	55,56	15,79	33,33	91,67	0	<b>39,27</b>
<b>Imagens Fotos+ Rot. Fechado</b>	0	73,68	33,33	0	0	<b>21,40</b>
<b>Imagens esquemas</b>	0	0	0	8,33	0	<b>1,67</b>
<b>Imagens fotos</b>	0	0	0	0	5,26	<b>1,67</b>
<b>Início</b>	66,67	0	33,33	33,33	47,36	<b>36,14</b>
<b>Meio</b>	22,22	0	55,56	33,33	15,78	<b>34,26</b>
<b>Fim</b>	11,11	100	11,11	33,33	15,78	<b>34,26</b>

### Volume 2 – Planejamento de montagem e execução da Proposta - Média Aritmética das Percentagens

	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>% média</b>
<b>Sala de aula</b>	21,05	0	0	0	11,11	<b>6,43</b>
<b>Laboratório</b>	10,52	5,26	0	0	11,11	<b>5,37</b>
<b>Não Indica</b>	63,15	94,73	100	100	77,78	<b>87,13</b>
<b>Material Lab.</b>	0	42,10	0	83,33	22,22	<b>29,53</b>
<b>Material Adap.</b>	21,05	5,26	44,44	8,33	22,22	<b>29,48</b>
<b>Adap. + Lab.</b>	78,94	52,26	55,56	8,33	44,44	<b>47,90</b>
<b>Não Indica</b>	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>Professor</b>	5,26	10,52	11,11	91,67	11,11	<b>25,93</b>
<b>Alunos</b>	36,84	10,52	0	8,33	33,33	<b>17,80</b>
<b>Prof.+ Alunos</b>	57,90	78,95	88,89	0	55,56	<b>56,26</b>
<b>Não Indica</b>	0	0	0	0	0	<b>0</b>

### Volume 2 – Planejamento de atividades a solicitar para o aluno - Média Aritmética das Percentagens

	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>% média</b>
<b>Discussão</b>	15,79	0	0	-	0	<b>3,16</b>
<b>Gráficos/ Cálculos</b>	0	0	0	-	0	<b>0</b>
<b>Questionário</b>	0	0	0	-	0	<b>0</b>
<b>Q+D</b>	0	57,89	77,78	-	77,78	<b>42,69</b>
<b>Q+G</b>	31,57	0	0	-	0	<b>6,31</b>
<b>G+D</b>	0	0	0	-	0	<b>0</b>
<b>Q+D+G</b>	52,63	42,10	22,22	-	22,22	<b>27,83</b>

## APÊNDICE L

### Volume 3 – Planejamento Metodológico da Proposta - Média Aritmética das Percentagens

	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>% média</b>
<b>Verificação</b>	0	44,12	100	0	66,67	<b>42,16</b>
<b>Demonstração</b>	0	0	0	100	33,33	<b>26,66</b>
<b>Verif+ Demonst.</b>	100	5,89	0	0	0	<b>21,18</b>
<b>Roteiro Fechado</b>	25	35,29	66,67	33,33	100	<b>32,05</b>
<b>Imagem esquema +Rot. Fechado</b>	25	0	0	33,33	0	<b>11,67</b>
<b>Imagem fotos +Rot. Fechado</b>	50	64,70	33,33	33,33	0	<b>36,27</b>
<b>Início</b>	25	0	33,33	33,33	0	<b>18,33</b>
<b>Meio</b>	75	0	33,33	0	66,67	<b>35</b>
<b>Final</b>	0	100	33,33	66,67	33,33	<b>46,67</b>

### Volume 3 – Planejamento de montagem e execução da Proposta - Média Aritmética das Percentagens

	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>% média</b>
<b>Sala de aula</b>	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>Laboratório</b>	25	0	0	100	33,33	<b>31,67</b>
<b>Não Indica</b>	75	100	100	0	66,67	<b>68,33</b>
<b>Material Lab.</b>	25	41,17	0	100	33,33	<b>39,90</b>
<b>Material Adap.</b>	0	29,41	100	0	33,33	<b>32,55</b>
<b>Adap. + Lab.</b>	75	29,41	0	0	33,33	<b>27,55</b>
<b>Não Indica</b>	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>Professor</b>	25	0	0	100	33,33	<b>31,67</b>
<b>Alunos</b>	0	11,76	33,33	0	33,33	<b>15,68</b>
<b>Prof.+ Alunos</b>	75	88,23	66,67	0	33,33	<b>37,64</b>
<b>Não Indica</b>	0	0	0	0	0	<b>0</b>

### Volume 3 – Planejamento de atividades a solicitar para o aluno - Média Aritmética das Percentagens

	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>% média</b>
<b>Discussão</b>	0	0	0	-	0	<b>0</b>
<b>Gráfico/ Cálculos</b>	0	0	0	-	0	<b>0</b>
<b>Questionário</b>	0	0	0	-	0	<b>0</b>
<b>D+G</b>	0	0	0	-	0	<b>0</b>
<b>Q+G</b>	0	0	0	-	0	<b>0</b>
<b>Q+D</b>	75	58,89	100	-	100	<b>66,78</b>
<b>Q+D+G</b>	25	41,17	0	-	0	<b>13,23</b>