

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
LICENCIATURA EM QUÍMICA  
CAIO MONTEIRO AKIYAMA ZANVETTOR**

**ENTRAVES À APRENDIZAGEM DA CIÊNCIA QUÍMICA - O DOCENTE COMO  
OBSTÁCULO EPISTEMOLÓGICO**

**Rio de Janeiro  
2016**

**CAIO MONTEIRO AKIYAMA ZANVETTOR**

**ENTRAVES À APRENDIZAGEM DA CIÊNCIA QUÍMICA - O DOCENTE COMO  
OBSTÁCULO EPISTEMOLÓGICO**

Monografia de Conclusão de Curso de Licenciatura apresentada ao Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Licenciado em Química, sob orientação do Prof. Luiz Cláudio dos Santos Ribeiro, DQO/IQ/UFRJ.

**Rio de Janeiro  
2016**

**CAIO MONTEIRO AKIYAMA ZANVETTOR**

**ENTRAVES À APRENDIZAGEM DA CIÊNCIA QUÍMICA – O DOCENTE COMO  
OBSTÁCULO EPISTEMOLÓGICO**

Monografia de Conclusão de Curso de Licenciatura apresentada ao Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Licenciado em Química.

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

**Prof. Luiz Cláudio dos Santos Ribeiro (orientador), DQO/IQ/UFRJ**

---

**Prof. Tiago Lima da Silva, DQO/IQ/UFRJ**

---

**Prof. Viviane Gomes Teixeira, DQA/IQ/UFRJ**

**Aprovada em: ...../...../.....**

*O começo de todas as ciências é o espanto de as coisas serem o que são.*

Aristóteles

## RESUMO

O presente estudo de caso foi desenvolvido pelo autor durante seu estágio supervisionado de Prática de Ensino de Química, realizado em uma escola pública na Cidade do Rio de Janeiro, durante o ano-letivo de 2014. À luz do racionalismo aplicado de Gaston Bachelard, dentro do qual originou-se o conceito de obstáculos epistemológicos, procurou-se identificá-los não apenas como todo e qualquer entrave e entorpecimento à aprendizagem científica, dela inseparáveis, mas também localizá-los, de maneira não usual, nas práticas docentes construídas em tradições pedagógicas resistentes e não reflexivas, o que permitiu considerar o próprio professor, ele mesmo, como obstáculo epistemológico.

Estabelecidos na primazia do senso comum, espécie de zona de conforto resistente a mudanças, os obstáculos epistemológicos desenvolvem-se em proximidade com o mundo cotidiano e as experiências primeiras do homem, expressando o domínio do espírito conservador sobre o formativo. É, portanto, no enfrentamento entre as concepções prévias do aluno e o novo conhecimento – e não na acomodação – que se deve operar a mediação didática do conhecimento científico, ou seja, em território de tensões, desconfortos e deslocamentos de crenças arraigadas.

Como delimitação do foco investigativo, foram escolhidas para este trabalho as aulas sobre Tabela Periódica, ministradas na primeira série do ensino médio. Tal escolha se justifica pelo fato de que, apesar de constituir-se em uma poderosa ferramenta, tanto no ensino quanto na pesquisa científica propriamente dita, identificou-se ali um território fértil ao surgimento de obstáculos epistemológicos, algo que se agrava por nele localizar-se um dos primeiros contatos formais que o aluno tem com a Química, servindo de base à edificação de inúmeros conceitos fundamentais dessa Ciência.

**Palavras-chave:** Obstáculo epistemológico, Tabela Periódica, Ensino de Química

# SUMÁRIO

	pág.
<b>INTRODUÇÃO - O CONHECIMENTO QUÍMICO FRENTE A OBSTÁCULOS .....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO 1 - O APRENDIZADO DA CIÊNCIA QUÍMICA NA ESCOLA .....</b>	<b>10</b>
1.1 A MEDIAÇÃO DIDÁTICA DO CONHECIMENTO QUÍMICO: ENFRENTANDO OBSTÁCULOS .....	10
1.2 CONSTRUINDO A PESQUISA .....	13
1.2.1 OBJETIVOS GERAIS .....	14
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
1.2.3 HIPÓTESE DE TRABALHO .....	14
1.2.4 O TEMA DA PESQUISA .....	14
1.2.5 A NATUREZA DA PESQUISA .....	15
1.3 A ORGANIZAÇÃO DA MONOGRAFIA .....	16
<b>CAPÍTULO 2 - REFERENCIAIS TEÓRICO-METODOLÓGICOS .....</b>	<b>18</b>
2.1 A FILOSOFIA DA DESILUSÃO BACHELARDIANA .....	19
2.2 A DESCONTINUIDADE DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO .....	23
2.2.1 A NOÇÃO DE RECORRÊNCIA HISTÓRICA .....	24
2.2.2 A RUPTURA ENTRE CONHECIMENTO COMUM E CONHECIMENTO CIENTÍFICO .....	24
2.2.3 A FILOSOFIA DO NÃO .....	26
2.3 OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS .....	28
2.3.1 A EXPERIÊNCIA PRIMEIRA .....	28
2.3.2 O CONHECIMENTO GERAL .....	28
2.3.3 O OBSTÁCULO VERBAL .....	29
2.3.4 O OBSTÁCULO SUBSTANCIALISTA .....	29
2.3.5 O OBSTÁCULO ANIMISTA .....	30
2.3.6 OBSTÁCULOS DO CONHECIMENTO QUANTITATIVO .....	30
2.3.7 METÁFORAS, ANALOGIAS E O PROCESSO DE APRENDIZAGEM .....	31
<b>CAPÍTULO 3 - A ABORDAGEM ESCOLAR DA TABELA PERIÓDICA .....</b>	<b>34</b>
3.1 BREVE HISTÓRICO DA TABELA PERIÓDICA .....	34
3.2 INVESTIGAÇÕES SOBRE O CONHECIMENTO ESCOLAR DA TABELA PERIÓDICA .....	40

<b>CAPÍTULO 4 – AS ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS ADOTADAS .....</b>	<b>49</b>
4.1 A APRESENTAÇÃO DA TABELA PERIÓDICA NAS AULAS INVESTIGADAS .....	49
4.1.1 PRIMEIRA AULA .....	50
4.1.2 SEGUNDA AULA .....	51
4.1.3 TERCEIRA AULA .....	52
4.2 ANÁLISE DAS SITUAÇÕES VIVENCIADAS EM AULA .....	52
4.2.1 DESCONSIDERAÇÃO DO CONHECIMENTO PRÉVIO DO ALUNO .....	53
4.2.2 A MEMORIZAÇÃO NÃO-REFLEXIVA .....	54
4.2.3 OS LIMITES DO REALISMO E A AVERSÃO À ABSTRAÇÃO .....	56
4.2.4 O PRAGMATISMO DE RESULTADOS .....	58
4.3 ALGUMAS RECOMENDAÇÕES DE ABORDAGEM .....	61
<b>CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>63</b>
5.1 RETOMANDO A HIPÓTESE DE TRABALHO .....	63
5.1.1 A MEDIAÇÃO DIDÁTICA DO CONHECIMENTO QUÍMICO EM MEIO A OBSTÁCULOS .....	64
5.1.2 O DOCENTE COMO OBSTÁCULO EPISTEMOLÓGICO .....	67
5.2 CONCLUSÕES E ALGUMAS RECOMENDAÇÕES .....	70
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>74</b>

# INTRODUÇÃO

## O CONHECIMENTO QUÍMICO ESCOLAR FRENTE A OBSTÁCULOS

A tarefa de ensinar implica uma relação plena e constante do professor com o aluno, não só em nível de conhecimento, mas também no estímulo cada vez maior ao desenvolvimento de raciocínio, reflexão e capacidade de abstração. Apesar de a Química estar presente na vida de todos, a conexão entre Ciência e cotidiano nas salas de aula quase nunca é uma tarefa fácil. Deveria ser, no entanto?

Contra um senso comum pedagógico que faz o docente insistir em “facilitar” a compreensão científica do aluno, muitas vezes a partir de uma aproximação indiscriminada entre Ciência e cotidiano, é que se dirigem as críticas de Gaston Bachelard, químico e filósofo francês que orientará as análises desta monografia. Ao reforçar-se o pensamento continuísta do aluno, impedindo-o de reconhecer as rupturas entre esses dois domínios – o do conhecimento científico e o do conhecimento cotidiano –, estão postas as condições necessárias ao surgimento de obstáculos à aprendizagem da Ciência.

O trabalho que ora se apresenta tem como objetivo trazer Bachelard para o centro da vivência em uma sala de aula de Química no ensino médio, da perspectiva de um licenciando em estágio de Prática de Ensino, através do conceito de obstáculos epistemológicos. Nenhuma novidade até aí, dadas as numerosíssimas publicações que tratam do assunto no ensino de Química: das abordagens conceituais repletas de obstáculos nos livros didáticos, àquelas presentes nas mediações didáticas do conhecimento químico em sala de aula. O que se traz, até certo ponto, como novidade é considerar o professor, ele mesmo, como um obstáculo epistemológico, a partir de suas práticas didáticas.

Os conceitos químicos ensinados nas escolas são uma adaptação do conhecimento científico para uma configuração de linguagem e imagens acessível aos alunos. Para isso, o docente necessita de traçar estratégias e construir modelos de compreensão que possam ser apreendidos em sala de aula, sem

banalizá-los. É nesse ponto que se justifica a necessidade de estudos acerca da mediação didática, pois é **nas experiências didáticas reais** que o professor vivencia situações que facilitam a construção desses obstáculos.

Dentre os diversos assuntos lecionados no ano letivo de 2014, foram escolhidas para este trabalho as aulas sobre Tabela Periódica. Tal escolha se justifica pelo fato de que, apesar de constituir-se em uma poderosa ferramenta, tanto no ensino quanto na pesquisa científica propriamente dita, é um dos temas introdutórios no curso de Química e, por muitas vezes, subaproveitado. Além disso, por ser um dos primeiros contatos que o aluno tem com essa Ciência, o entendimento dos conceitos ali envolvidos carrega em si a função de servir de base para outros mais adiante.

# **CAPÍTULO 1**

## **O APRENDIZADO DA CIÊNCIA QUÍMICA NA ESCOLA**

Um dos maiores entraves à aprendizagem científica na Escola é, sem dúvida, a incompreensão por parte do docente de que a Ciência de referência, aquela que se aprende na Academia, que é feita nos Centros e Laboratórios de Pesquisa, não é a Ciência que se ensina ou que se deve ensinar nas salas de aula. Ora, mas leis, princípios, símbolos, fórmulas seriam, então, diferentes? E se assim o fosse, então não teriam validade no ambiente escolar? Não é esta a diferença a que nos devemos apegar, mas a uma outra, fundamental: a finalidade do conhecimento das Ciências é, na Escola, diversa; os sujeitos são outros e, conseqüentemente, o sentido do conhecimento científico torna-se radicalmente diferente, exigindo do professor um processo de mediação desses conhecimentos, a fim de torná-los inteligíveis aos alunos. Assim, leis, fórmulas, símbolos deverão, ainda que preservando seu aspecto formal e de correção conceitual, adequar-se em outro perfil epistemológico, onde seus sentidos ganharão outro contorno, devendo associar-se aos demais conhecimentos para uma leitura crítica do mundo pelos alunos e ação na superação das circunstâncias mais limitantes de suas vidas. Conhecimento químico de referência e conhecimento químico escolar têm racionalidades diferentes, embora guardem relação objetiva entre si.

### **1.1 A MEDIAÇÃO DIDÁTICA DO CONHECIMENTO QUÍMICO NA ESCOLA: ENFRENTANDO OBSTÁCULOS**

Apesar de a Química estar presente no dia a dia de todo indivíduo, é comum que alunos do ensino médio questionem seu professor sobre a necessidade de estudá-la. Tal dúvida pode ser gerada por diversos fatores, dentre os quais destacam-se, como de maior relevância – e que estão entre os que motivaram este trabalho –, aqueles que, de alguma maneira, encontram-se relacionados com a

capacidade de abstração dos alunos e a forma como transferem para a sua vida fora da Escola os conceitos aprendidos dentro da sala de aula.

O documento que apresenta os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio<sup>1</sup> ressalta a importância da construção de uma visão de mundo, a qual permita que o indivíduo se veja como participante de um processo social variado em constante transformação: na cultura, na política, no meio ambiente, na própria Escola. Não sendo suficiente um conhecimento memorizado, é necessário estimular habilidades que se traduzam, dentre outras, na capacidade efetiva de:

- Selecionar e utilizar ideias e procedimentos científicos (leis, teorias, modelos) para a resolução de problemas qualitativos e quantitativos em Química, identificando e acompanhando as variáveis relevantes.
- Reconhecer ou propor a investigação de um problema relacionado à Química, selecionando procedimentos experimentais pertinentes.
- Desenvolver conexões hipotético-lógicas que possibilitem previsões acerta das transformações químicas<sup>2</sup>.

Se o objetivo de fazer com que a Química tenha lugar adequado na vida do aluno não for alcançado, há de se constatar que algo no processo ensino-aprendizagem – relação que envolve diretamente a interação entre professor e aluno – não está funcionando. Dito de outra maneira, há que se investigar de que forma a aquisição do conhecimento químico está sendo obstaculizada.

A aquisição do conhecimento químico pelo aluno pode ser compreendida à luz do conceito de *transposição didática*, proposto inicialmente pelo sociólogo francês Michel Verret em sua tese de doutorado, *Le temps des études*, publicada em 1975<sup>3</sup>. Originalmente, Verret procurou definir, no contexto escolar, como os saberes considerados relevantes em uma cultura, em determinado momento histórico, seriam pedagogicamente transmitidos e assimilados. Para que essa eficácia seja

---

<sup>1</sup> BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio (PCNEM)*. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.

<sup>2</sup> Idem. Parte III – Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Conhecimentos de Química: competências e habilidades a serem desenvolvidas em Química.

<sup>3</sup> VERRET, Michel. *Le temps des études*. Paris: Honoré Champion, 1975.

máxima, é necessário admitir o surgimento de configurações cognitivas tipicamente escolares, o que, segundo Lopes, compõe uma cultura escolar que ultrapassa os limites da escola<sup>4</sup>.

Chevallard e Johsua retomaram e aprofundaram a questão da transposição didática na área de ensino da Matemática e concluíram que, ao meramente deslocar um elemento do conhecimento científico do ambiente que contenha questões que ele permita resolver, sua natureza acaba por ser grosseiramente modificada<sup>5</sup>. Isso significa dizer que o conteúdo escolar é o resultado de um processo de adaptação do conhecimento científico, no intuito de fazê-lo um objeto acessível para cumprir as necessidades específicas da escolarização, tornando-se, ali, um conhecimento propriamente escolar. É fundamental salientar, contudo, que os dois tipos de conhecimento – o científico e o escolar – são igualmente importantes, desde que dentro da sua necessidade e especificidade.

O conceito de *mediação didática*, tal qual proposto por Lopes, é uma releitura crítica das formulações de *transposição didática* originalmente propostas por Verret, processo que, para a autora, constitui-se mais que um deslocamento de um conceito (científico) de um lugar para o outro, a saber: da sua formulação acadêmica para a sala de aula, razão pela qual deve ser considerada mais propriamente uma mediação conceitual com forte dialogia entre professor e aluno<sup>6</sup>.

Ainda segundo a autora, o grande problema se configura quando a Escola se apropria do conhecimento de uma forma na qual sua historicidade e problematização são retiradas pelo processo de mera transposição didática. Nesta condição, a construção do conhecimento do aluno se limita à recepção de um conceito já formado, ignorando todo o processo histórico de sua formação. Além do mais, tal situação, que está impregnada nas práticas educativas escolares usuais, acaba cada vez mais reafirmando a ideia de que, para tornar um conceito assimilável, devemos usar o *concreto* como um meio para se chegar ao *abstrato*, o

---

<sup>4</sup> LOPES, Alice R.C. Conhecimento escolar em Química - Processo de mediação didática da ciência. São Paulo: *Química Nova*, 20 (5), 1997, p. 563.

<sup>5</sup> CHEVALLARD, Yves; JOHSUA, Marie-Albert. *Recherches en Didactique des Mathematiques*. 1982, 1, p. 159-239. In: LOPES, Alice R.C, Conhecimento escolar em Química - Processo de mediação didática da ciência, op. cit., p. 563.

<sup>6</sup> LOPES, Alice R.C., Conhecimento escolar em Química - Processo de mediação didática da ciência, op. cit., p. 564.

que, por sua vez, legitima a proximidade entre conceitos científicos e racionalidade do senso comum. Ora, se se considera que a Ciência necessita do rompimento com esse senso comum cotidiano para ser construída, há que se admitir, quando isso não se verifica, a ocorrência de distorções do conhecimento científico, verdadeiros obstáculos à aprendizagem das Ciências.

Na tentativa de usar uma linguagem mais acessível aos alunos, muitas vezes livros didáticos e até mesmo professores recorrem sem muito critério às analogias e metáforas, recursos pedagógicos que permitem a familiarização daquilo que não é familiar. Em outras palavras, têm eles o papel fundamental de facilitar a concretização de um novo conceito ou ideia. De uma perspectiva construtivista de ensino, Reinders Duit considera o recurso às analogias essencial. Entretanto, diversos estudos atentam para o fato de que o uso excessivo de analogias e metáforas restringe o processo cognitivo do aluno, prendendo-o somente àquilo que é concreto<sup>7</sup>. Limita-se, assim, sua capacidade de abstração, caracterizando aquilo que o filósofo francês Gaston Bachelard define como *obstáculo epistemológico*, conceito central a ser tratado com detalhes no Capítulo 2 deste trabalho<sup>8</sup>.

## 1.2 CONSTRUINDO A PESQUISA

A partir de uma pesquisa bibliográfica e documental de natureza teórica e de relatos de trabalhos de Prática de Ensino e Estágio supervisionado em Química, ao longo de 2014, foi possível investigar a constituição de obstáculos epistemológicos que envolvem dificuldades conceituais dos alunos, bem como a relação entre tais obstáculos e as estratégias de ensino adotadas pelos professores regentes das classes em que se realizou o estágio supervisionado. Procurar-se-á demonstrar de que forma essas práticas docentes constituem-se elas mesmas em obstáculos epistemológicos à aprendizagem da Ciência química.

---

<sup>7</sup> DUIT, Reinders. On the role of analogies and metaphors in Learning Science. *Science Education*, New York, 75(6), p. 649-672, 1991.

<sup>8</sup> As categorias analíticas de Gaston Bachelard, com percepção original trazida aos leitores brasileiros através dos textos de Alice Casimiro Lopes, constituem-se referenciais teóricos maduros para a superação dos diagnósticos e enfrentamentos superficiais a respeito das dificuldades de abstração dos alunos na aprendizagem escolar das Ciências.

### **1.2.1 OBJETIVOS GERAIS**

Identificar obstáculos epistemológicos presentes em aulas de Química no ensino médio, correlacionando a constituição desses obstáculos com as estratégias e práticas pedagógicas adotadas pelos professores.

### **1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a) Definir obstáculo epistemológico, localizando-o em aulas de Química em uma Escola de ensino médio em que se desenvolveram as atividades de Estágio e Prática de Ensino do autor, durante o ano de 2014: uma conceituada Instituição de ensino fundamental e médio ligada às Forças Armadas, localizada na Cidade do Rio de Janeiro;
- b) Diagnosticar as causas de dificuldades de aprendizagem de conceitos químicos fundamentais, relacionando-as aos obstáculos epistemológicos investigados;
- c) Produzir uma reflexão que possa subsidiar atividades de Estágio Supervisionado de Prática de Ensino de Química.

### **1.2.3 HIPÓTESE DE TRABALHO**

Dentro do espectro do conceito de obstáculos epistemológicos proposto por Bachelard, à luz dos processos de mediação didática do conhecimento químico escolar, admite-se como hipótese de trabalho que o próprio docente, em função das estratégias didáticas adotadas na sua prática pedagógica, poderá constituir-se ele mesmo em obstáculo epistemológico à aprendizagem do conhecimento químico.

### **1.2.4 O TEMA DA PESQUISA**

Dentre os temas abordados em sala de aula do ensino médio (e, ainda, no ensino fundamental, considerada a possibilidade de a Química ter um espaço introdutório ainda no 9º ano), a Tabela Periódica talvez seja um dos tópicos em

torno do qual mais se reúna um diagnóstico de dificuldades e contradições: ora por ser um assunto tratado de forma mecânica e pouco inventiva pelos professores, que acabam por privilegiar a memorização, aquém das imensas possibilidades informativas que a Tabela tem a oferecer; ora por ser este o conteúdo programático a merecer um grande número de trabalhos de pesquisa no ensino de Química, que nele enxergam uma imenso potencial pedagógico, não apenas na valorização do conhecimento químico ali resguardado, como também pelas correlações com a História e a Filosofia da Ciência que o tema possibilita. Por seu *design* com posições definidas e bem justificadas dos elementos ali representados, inúmeras são as ofertas de jogos e *softwares* que exploram as abordagens lúdicas da Tabela.

Foram, portanto, as possibilidades subexploradas no aprendizado da Ciência química, a partir da Tabela Periódica, que a tornam um eficaz laboratório de investigação de obstáculos epistemológicos, tal qual se presente nesta monografia.

#### 1.2.5 A NATUREZA DA PESQUISA

Estudo de caso constituído a partir do entrelaçamento entre pesquisa bibliográfica e documental e relato de experiência do autor, durante a realização de seu Estágio Supervisionado de Prática de Ensino de Química, em nível médio, realizado entre março e dezembro de 2014, na Instituição supracitada, a saber:

<b>Segmento</b>	<b>Turma *</b>	<b>Número de Alunos</b>
1º ano do ensino médio	A	28
1º ano do ensino médio	B	26
1º ano do ensino médio	C	29

\*Designação genérica das turmas

### 1.2.6 A ORGANIZAÇÃO DA MONOGRAFIA

O primeiro capítulo deste trabalho visa a situar uma visão geral das questões investigadas ao longo do período de realização do Estágio de Prática de ensino, no ano de 2014. Nele serão indicados os objetivos e a hipótese de trabalho, a natureza e o universo da pesquisa, bem como as linhas gerais do referencial teórico por nós adotado: os conceitos de obstáculo epistemológico propostos por Gaston Bachelard, em torno dos quais procuraremos localizar os entraves à aprendizagem da Ciência química na Escola, tomando por base a investigação das estratégias didáticas adotadas pelos professores-regentes na Instituição de estágio durante a abordagem da Tabela Periódica.

Um retrato da *Filosofia da Desilusão* bachelardiana ocupará o segundo capítulo, dedicado ao detalhamento dos referenciais teóricos que norteiam esta investigação. O racionalismo aplicado proposto pelo filósofo francês será o pano de fundo para a apresentação das diversas variantes de obstáculos epistemológicos, à luz do pilar central de sua elaboração teórica: o princípio da descontinuidade da razão, em função do qual se coloca a existência da ruptura entre os conhecimentos pré-científicos, subordinados à apreensão primeira e restrita dos sentidos, e o conhecimento científico, que exige uma elaborada construção intelectual de valorização da capacidade de abstração do indivíduo.

As possibilidades de abordagem escolar da Tabela Periódica, ou seja, seu potencial pedagógico de organizar o conhecimento químico do aluno que inicia o ensino médio, será apresentado no capítulo 3, juntamente com um breve histórico de sua evolução. Várias produções, que cobrem desde estratégias de jogos até a oferta de *softwares* educativos, indicarão ao leitor a existência de material didático acessível ao professor e aos interessados pelo tema, o que permitirá estabelecer um contraste com as escolhas docentes adotadas no caso real em estudo, analisadas no capítulo 4.

O capítulo final desta monografia, o quinto, apresentará ao leitor as conclusões do trabalho. Nele serão retomados seus objetivos, confrontados com o que se permitiu afirmar da análise das questões propostas, e se demonstrará a pertinência da hipótese inicial desta pesquisa: a de que o docente, ele mesmo,

poderá se converter em obstáculo epistemológico à aprendizagem de seus alunos, em função das suas escolhas didáticas, construídas dentro de sua própria formação pedagógica e mantidas resistentes no contexto de sua ação profissional. Reafirma-se ali toda a pertinência da escolha dos referenciais teóricos de Gaston Bachelard para a investigação dos processos de aquisição do conhecimento científico na Escola, às quais nosso trabalho pretende dar uma contribuição.

## CAPÍTULO 2

### REFERENCIAIS TEÓRICO-METODOLÓGICOS

Obstáculos epistemológicos são, em termos gerais, os entraves à construção da Ciência e, por extensão, ao seu próprio aprendizado. O avanço da Ciência depende, portanto, do reconhecimento desses obstáculos como condição à sua posterior superação. Neste sentido, a própria aparência mais imediata do real é o primeiro obstáculo a ser enfrentado pelo cientista e, na escola, pelo professor: as aparências podem ser enganosas e, além do mais, a superação do real mais visível e palpável depende do desenvolvimento de habilidades cognitivas e psíquicas, ou seja, de capacidades de abstração dificultadas cada vez mais por uma cultura que hipervaloriza o imediatismo. A este obstáculo realista, somam-se outros, como as pré-noções, preconceitos e crenças, que podem comprometer o processo de pesquisa e o próprio aprendizado das Ciências.

Este capítulo se ocupará em centralizar, de forma detalhada, os referenciais teórico-metodológicos de nossa investigação: as categorias de obstáculo epistemológico, tais quais propostas por Gaston Bachelard. A fim de evitar um distanciamento entre as considerações e análises aqui desenvolvidas e os referenciais que lhes dão sustentação, muitos adendos ao autor e mesmo a outras fontes secundárias importantes à consistência das nossas argumentações serão localizados ao longo do texto.

Reconhecemos, com isso, o papel central da teoria como elemento determinante à compreensão dos problemas enfrentados no trabalho de investigação científica, o que, levando-se em conta o fôlego das tradições positivistas no ensino das Ciências, impõe-se como condição fundamental deste trabalho. Afinal, há que se superar o axioma ingênuo de que “os dados falam por si sós” na pesquisa, como se isto fosse possível: “os dados só conseguem falar quando a teoria lhes concede o dom da linguagem”<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> BORON, Atilio R. Prólogo. In: SAUTU, Ruth et alii. *Manual de metodologia – Construcción del marco teórico, formulación de los objetivos y elección de la metodología*. Buenos Aires: CLACSO Libros, 2005, p. 14.

## 2.1 FILOSOFIA DA DESILUSÃO BACHELARDIANA

Gaston Bachelard, conhecido como “O Filósofo da Desilusão”<sup>10</sup>, nasceu em uma família de origem humilde no interior da França no ano de 1884. Tinha planos de se formar engenheiro, sonho frustrado pela eclosão da Primeira Guerra Mundial. Mais tarde, tornou-se professor de Física e Química nos liceus e, no início dos anos 20 do século XX, inicia seus estudos de Filosofia, de que também se torna professor. Suas primeiras teses, na área de Física, datam de 1928, mas foi na Filosofia que ganhou notoriedade, chegando à Sorbonne em 1940. Professor notável, recebe grandes honrarias acadêmicas da República Francesa, morrendo em 1962 aos 78 anos.

Bachelard viveu numa época de grandes transformações sociais na França, transformações essas que viriam a ser marcantes em toda a sua obra. De grande importância para a obra bachelardiana foi a revolução científica promovida no início do século XX (1905) pela Teoria da Relatividade formulada por Albert Einstein. Tal momento serviu de amparo para Bachelard desenvolver seu trabalho acadêmico, cujo principal objetivo era atribuir um significado epistemológico a essa nova Ciência, algo que pudesse compatibilizar a Filosofia dessa Ciência com ela própria.

Uma vez que o objeto da nova Ciência relativista não é absoluto e sim relativo, a sua metodologia não haveria de ser empirista, evidenciando a sua diferença em relação às Ciências anteriores, epistemologicamente falando, tendo sido essa revolucionária percepção uma de suas principais contribuições para a Filosofia da Ciência: o “novo espírito científico” encontra-se em ruptura e descontinuidade com o senso comum, espaço em que preconceitos e opiniões se adequam à lógica empirista das verificações, tal como nas concepções de fazer Ciência de até então<sup>11</sup>.

Desta maneira, para Bachelard, a construção do conhecimento científico não pode ser realizada de forma contínua, a partir do acúmulo de verdades, mas sim a partir de rupturas, das retificações de erros passados. Assim sendo, a Ciência é produto de um processo dialético: “Antes de constituir-se, deve destruir as construções passadas e abrir

---

<sup>10</sup> LOPES, Alice R. C. Bachelard: o filósofo da desilusão. *Cadernos Catarinense de Ensino de Física*, v. 13, n. 3, dez. 1996, p. 248.

<sup>11</sup> A este respeito, é notável sua obra “A formação do Espírito Científico” Ver: BACHELARD, Gaston. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2005.

lugar a novas construções. É este movimento dialético que constitui a tarefa da nova epistemologia<sup>12</sup>.

Neste ponto, Bachelard situou-se em um cruzamento entre o racionalismo e o realismo. Entretanto, ao invés aceder à dualidade que diverge essas tendências, admitiu que ao pensamento científico só seria útil a alternância entre o racionalismo e o empirismo<sup>13</sup>. A postura do novo cientista, portanto, não se deve satisfazer com aproximações empiristas. Ao contrário, deverá basear-se na razão frente aos estudos sobre a realidade. Consequentemente o papel central nessa nova metodologia científica passa ser a razão, que serve de mediadora na aproximação do objeto real, ao contrário das Filosofias das Ciências da época que utilizavam métodos baseados exclusivamente na observação e experiência comum. Sendo assim, a Epistemologia de Bachelard é definida como um caminho em direção ao real a partir do racional. Nas palavras do próprio filósofo:

O empirismo é a filosofia que convém ao conhecimento comum. O empirismo encontra aí sua raiz, sua prova, seu desenvolvimento. Ao contrário, o conhecimento científico é solidário com o racionalismo e, quer se queira ou não, o racionalismo está ligado à ciência, o racionalismo reclama fins científicos<sup>14</sup>.

O ato científico requer o entrelaçamento entre empirismo e racionalismo, e não a relação antagônica que estas Filosofias carregavam em torno de si até o século XIX. O racionalismo aplicado, para Bachelard, é marca do “novo espírito científico” e serve como uma espécie de ponte dialética entre a teoria e a experimentação. Isto significa dizer que o objeto está diretamente associado ao real e ao racional.

Impõe-se hoje situar-se no centro em que o espírito cognoscente é determinado pelo objeto preciso do seu conhecimento e onde, em contrapartida, ele determina com mais rigor sua experiência<sup>15</sup>.

---

<sup>12</sup> PARENTE, Letícia. *Bachelard e a Química – no ensino e na pesquisa*. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 1990, p. 29.

<sup>13</sup> Idem, *ibidem*

<sup>14</sup> BACHELARD, Gaston. Conhecimento comum e conhecimento científico. In: *Tempo Brasileiro*. São Paulo, n. 28, jan-mar 1972, p. 45.

<sup>15</sup> BACHELARD, Gaston. *O racionalismo aplicado*. Rio de Janeiro: Zahar, 1977, p. 109

Outro aspecto importante na Epistemologia bachelardiana foi tratado em seu livro “A formação do espírito científico”, publicado em 1938, em que o autor aborda o conceito de *obstáculos epistemológicos*. Nesta obra, Bachelard destaca a experiência imediata como um obstáculo ao processo de abstração e por isso é enfático ao afirmar ser necessária a valorização do pensamento científico abstrato.

Segundo ele, é inevitável a ocorrência de obstáculos epistemológicos durante o processo de ensino-aprendizagem. Como conhecemos sempre contra algo que trazemos conosco, tais obstáculos acabam sendo consequência da acomodação frente ao novo conhecimento, ou seja, uma tentativa de resistência, ainda que involuntária, de modificarmos uma verdade previa. Segundo Parente, os obstáculos tendem a funcionar como mecanismos de antirruptura, uma espécie de tentativa de fazer com que o processo de construção do conhecimento se de de forma contínua.

Não se trata de considerar os obstáculos externos, como a complexidade ou fugacidade dos fenômenos, nem de incriminar a debilidade dos sentidos ou do espírito humano: é no ato mesmo de conhecer, intimamente, onde aparecem, por uma espécie de necessidade funcional, os entorpecimentos e as confusões. É aí que mostraremos causas de estagnação e até de regressão, detectaremos causas da inércia às quais daremos o nome de obstáculos epistemológicos (...) o ato de conhecer dá-se contra um conhecimento anterior, destruindo conhecimentos mal estabelecidos, superando o que, no próprio espírito, é obstáculo à espiritualização.<sup>16</sup>

De fato, o alcance do sucesso dentro do processo de aprendizagem consiste inerentemente na superação destes obstáculos. Portanto, é de suma importância ter a noção de que eles constituem o ato de conhecer, sendo a necessidade de neutralizá-los condição essencial para que a construção do conhecimento não seja comprometida. Todavia, é importante ressaltar que, para a neutralização de tais obstáculos, é necessário que os professores conheçam as verdades prévias dos alunos, suas concepções e ideias, caso contrário acaba por se caracterizar o que Lopes chamou de *obstáculos*

---

<sup>16</sup> BACHELARD, Gaston. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*, op. cit., p. 17.

*pedagógicos*, ou seja, quando o professor não consegue entender por que o aluno não compreende<sup>17</sup>.

Frequentemente, o erro é interpretado por filósofos, cientistas e professores como um acidente a ser evitado. Bachelard, adverso a essa ideia, defende que o erro é essencial na Ciência e que não deve ser tratado como um equívoco, mas sim como uma oportunidade real de se fazer Ciência: afinal, é a partir da sua retificação que o processo de construção de conhecimento avança. Deste ponto de vista, é necessário encarar o erro como um aspecto positivo, e além disso, conscientizar-se de que não há sentido no estabelecimento de uma verdade definitiva, mas apenas de verdades provisórias, as quais só irão adquirir sentido ao fim de uma polêmica, após a retificação dos primeiros erros.

Todavia, é incorreto dizer que todo discurso científico tem validade universal. Um evento só tem valor epistemológico dentro de sua racionalidade. Não se pode, portanto, confundir as racionalidades, por exemplo, da Física Moderna com a da Física Clássica, pois não há uma verdade unificadora das Ciências: as verdades são sempre provisórias, onde cada Ciência produz sua verdade a partir de um processo de organização dos erros e das experiências em um esquema racional peculiar.

Lopes sintetiza essa visão de Bachelard:

[...] o conhecimento é a reforma de uma ilusão. Conhecemos sempre contra um conhecimento anterior, retificando o que se julgava sabido e sedimentado. Por isso, não existem verdades primeiras, apenas os primeiros erros: a verdade está em devir. Bachelard, portanto, se situa como o filósofo da desilusão, aquele que afirma: somos o limite das nossas ilusões perdidas [...] O que significa dizer que somos a expressão, não de nosso conhecimento imediato, de nossas habilidades inatas, mas do constante e descontínuo processo de retificação que nosso espírito sofre no decorrer da existência. O que sabemos é fruto da desilusão com aquilo que julgávamos saber; o que somos é fruto da desilusão com o que julgávamos ser<sup>18</sup>.

---

<sup>17</sup> LOPES, Alice. *Bachelard: o filósofo da desilusão*, op. cit., p. 252.

<sup>18</sup> Idem, p. 254.

## 2.2 A DESCONTINUIDADE DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO

Está impregnado em nossa tradição filosófica a noção de que o conhecimento evolui de maneira continuísta, onde o desenvolvimento científico se dá de forma linear e acumulativa. Linear no sentido de que a evolução segue sempre a mesma direção, para a frente, o que inerentemente pressupõe que o conhecimento de dado momento histórico tem sua validade estabelecida definitivamente. Isso conseqüentemente se traduz em um método de evolução que se sustenta no acúmulo de informações: novos conhecimentos são acrescentados aos anteriores sem sequer os pôr em questão.

Ao considerar que a Ciência parte de fundamentos sólidos e inquestionáveis, não há razão nenhuma para considerar os erros durante o processo na transmissão dos conhecimentos. Essa eliminação dos passos em falso acaba com a historicidade de determinados conceitos e inibe a polêmica e os debates que são inerentes à evolução científica, resultando, portanto, na imagem de uma Ciência que segue sempre com passos seguros. Esse cenário vai totalmente contra a valorização do erro, e caracteriza uma das principais críticas presente na Filosofia de Bachelard.

Da mesma maneira, essa linha de raciocínio continuísta afeta o conhecimento escolar de várias maneiras. O entendimento, ainda dominante, de o conhecimento científico ser um refinamento das qualidades do conhecimento comum faz com que seja depositada na Escola a responsabilidade de fazer a ponte entre esses dois conhecimentos, mascarando, portanto, a ruptura entre eles<sup>19</sup>.

Segundo Lopes, Bachelard faz uso de basicamente três noções para introduzir a ideia de descontinuidade na cultura científica: a noção de recorrência histórica, de racionalismos setoriais e da concepção de ruptura, abrangendo tanto a ruptura entre os conhecimentos científico e comum, quanto as que ocorrem no próprio processo de desenvolvimento científico<sup>20</sup>.

---

<sup>19</sup> A este respeito, confira: LOPES, Alice R C. *Conhecimento Escolar: Ciência e Cotidiano*. Rio de Janeiro: EdUERJ, 1999, p. 24

<sup>20</sup> Idem, p. 121.

### **2.2.1 A NOÇÃO DE RECORRÊNCIA HISTÓRICA**

Na concepção bachelardiana, o conhecimento acerca da História exerce um papel crucial no que diz respeito à compreensão dos caminhos da Ciência. Deste modo, a noção de recorrência histórica caracteriza-se por um direcionamento teórico que parte do presente para investigar o passado.

Entretanto, não se deve procurar no passado uma preparação para o presente, e sim o contrário: deve-se exercer uma ação epistemológica que seja capaz de julgar e distinguir – dentro do discurso científico da época e com base em critérios da própria Ciência – o que era verdade e o que era equívoco. Dessa perspectiva, utiliza-se o presente para questionar os valores do passado, esclarecendo, portanto, as formações progressivas da verdade.

A história das ciências surgirá, então, como a mais irreversível das histórias. Ao descobrir o verdadeiro, o homem de ciência obstrui um irracional. Sem dúvida, o irracionalismo pode brotar de outro lado qualquer. Mas tem, daí em diante, algumas vias interditadas. A história das ciências é a história das derrotas do irracionalismo<sup>21</sup>.

A obstrução ao irracional caracteriza nitidamente uma forma de rompimento na Ciência, rompimento este também presente entre conhecimento comum e conhecimento científico.

### **2.2.2 A RUPTURA ENTRE CONHECIMENTO COMUM E CONHECIMENTO CIENTÍFICO**

Opondo-se completamente às ideias empírico-positivistas predominantes na época, onde o conhecimento provém de um real no qual a razão se debruça, Bachelard afirma:

---

<sup>21</sup> BACHELARD, Gaston. *La actividad racionalista de la física contemporánea*. Buenos Aires, Siglo Veinte, [s.d.]. p. 36. Citado por: LOPES, Alice R C. *Conhecimento Escolar: Ciência e Cotidiano*, op. cit., p. 122.

(...) será demasiado cómodo confiar-se uma vez mais a um realismo totalitário e unitário, e responder-nos: tudo é real, o elétron, o núcleo, o átomo, a molécula, a micela, o mineral, o planeta, o astro, a nebulosa. Em nosso ponto de vista, nem tudo é real da mesma maneira, a substância não tem, em todos os níveis, a mesma coerência; a existência não é uma função monótona; não pode se afirmar por toda parte e sempre no mesmo tom<sup>22</sup>.

Esse questionamento dos pressupostos positivistas ganha respaldo com o surgimento da hipótese quântica de Max Planck, em 1900. Na ocasião, fez-se necessário a ruptura com as ideias da física clássica, resultando no postulado de descontinuidade na energia como justificativa para os dados acerca da radiação térmica de um corpo negro.

Nesse cenário, as interpretações das consequências da mecânica quântica são de grande valia quando transportadas para o campo epistemológico. A distinção entre real científico e real observado passa a se tornar mais clara nesse momento, sendo Bachelard um dos grandes responsáveis pela compreensão dessa diferença.

Em sua visão, o entendimento da *realidade* dá-se em função de uma organização do pensamento, pensamento este que, no espírito científico, é guiado pela Ciência com o intuito de garantir uma proximidade com o real científico. Portanto, a objetividade não deve ser determinada somente a partir do real, mas também de métodos de objetivação.

No senso comum, por exemplo, a realidade objetiva é aquela que se apresenta aos sentidos, que se pode ver e tocar. O real aparente é constituinte do senso comum e é, portanto, a partir do rompimento com esse real que se constitui o conhecimento científico.

Lopes é bem clara ao discutir os diferentes níveis de realidade:

A realidade de um objeto que se apresenta aos olhos, que pode ser tocado, que possui lugar e forma definidos, não é do mesmo nível de realidade de uma molécula, a qual constitui e é constituída pela teoria molecular a ela subjacente. Todavia, é necessário deixar claro que não se trata de uma distinção entre realidade e idealização. Moléculas, átomos e elétrons não são ideias que podem ser utilizadas enquanto os fatos assim o permitem, ou ainda abstrações racionais com as quais formulamos teorias. Trata-se de uma outra ordem de realidade, que não pode ser compreendida sem o uso da razão<sup>23</sup>.

---

<sup>22</sup> BACHELARD, Gaston. *La Philosophie du Non*. Paris: PUF, 1983. p. 54. Citado por: LOPES, Alice R C. *Conhecimento Escolar: Ciência e Cotidiano*, op. cit., p. 40-41.

<sup>23</sup> LOPES, Alice R C. *Conhecimento Escolar: Ciência e Cotidiano*, op. cit., p. 41

Para Bachelard, a Ciência produz fenômenos que, para serem caracterizados como objetos científicos, necessitam estar estreitamente relacionados à razão. Esta ligação só é viabilizada a partir de uma *técnica*, que se constitui na aplicação de um conceito teórico sobre a experiência, normalmente através de um instrumento.

A Química é a Ciência que atua sobre a natureza, rompendo os limites do natural a partir da compreensão ampliada de seus fenômenos: recomeça um novo mundo, reestrutura a ordem dos acontecimentos naturais e elabora substâncias até então inexistentes, tudo isso apoiada sobre uma *fenomenotécnica*, termo cunhado por Bachelard para se referir à definição de novos fenômenos mediada pela técnica, ou seja, pelas possibilidades surgidas a partir de instrumentos tecnológicos, sem os quais é impossível conceituá-los.

É preciso haver outros conceitos além dos conceitos 'visuais' para montar uma técnica do agir-cientificamente-no-mundo e para promover a existência, mediante uma fenomenotécnica, fenômenos que não estão naturalmente-na-natureza<sup>24</sup>.

A compreensão deste real das Ciências físicas, não palpável, que foge ao alcance dos sentidos, exige, portanto, o reconhecimento da existência da fenomenotécnica. Ao contrário do conhecimento comum, que provém de primeiras impressões, o saber científico depende inteiramente do aspecto técnico que é colocado em jogo; ele surge a partir de um universo reestruturado pela fenomenotécnica. Dados os seus limites, o conhecimento comum acaba por constituir-se em um obstáculo epistemológico ao conhecimento científico.

### 2.2.3 A FILOSOFIA DO NÃO

Não é só em relação ao conhecimento comum que se limitam as rupturas no conhecimento científico, mas também no que diz respeito à evolução da própria Ciência. É possível destacar vários exemplos de discontinuidades no interior de teorias e leis:

---

<sup>24</sup> BACHELARD, Gaston. *Le rationalisme appliqué*. Paris: PUF, 1975, p. 137. Citado por: LOPES, Alice R C. *Conhecimento Escolar: Ciência e Cotidiano*, op. cit., p. 41-42.

Química Quântica *versus* Química Lavoisieriana, Física Relativística *versus* Física Clássica e Geometria de Lobatchevsky *versus* Geometria Euclidiana<sup>25</sup>.

Em sua Epistemologia, Bachelard celebra uma Ciência lúdica, recusando-se a priorizar sistemas acabados que ditam de antemão o objeto inédito. Apesar da negação, ele não encara tal recusa como uma forma de exclusão de teorias anteriormente construídas. Entretanto, propõe que haja uma conciliação entre o novo e o antigo, a aceitação de que cada uma tem seu campo de validade.

É evidente que duas teorias podem pertencer a dois corpos de racionalidade diferentes e que se podem opor em determinados pontos permanecendo válidas individualmente no seu próprio corpo de racionalidade. Esse é um dos aspectos do pluralismo racional que só pode ser obscuro para os filósofos que se obstinam em acreditar num sistema de razão absoluto e invariável<sup>26</sup>.

Junto com esta noção de racionalismo setorial, Bachelard desenvolve a ideia do racionalismo aplicado, que corresponde a um racionalismo sempre a se fazer, nunca plenamente pronto e acabado, que se apoia no discurso dialético entre teoria e empirismo, racional e material.

O empirismo precisa ser compreendido; o racionalismo precisa ser aplicado. Um empirismo sem leis claras, sem leis coordenadas, sem leis dedutivas não pode ser nem pensado, nem ensinado; um racionalismo sem provas palpáveis, sem aplicação à realidade imediata não pode convencer plenamente. Prova-se o valor real de uma lei empírica fazendo dela a base de um raciocínio. Legitima-se um raciocínio fazendo dele a base de uma experiência<sup>27</sup>.

---

<sup>25</sup> LOPES, Alice R C. *Conhecimento Escolar: Ciência e Cotidiano*, op. cit., p. 129.

<sup>26</sup> BACHELARD, Gaston. *La Philosophie du Non*, op. cit., p. 140. Citado por: LOPES, Alice R C. *Conhecimento Escolar: Ciência e Cotidiano*, op. cit., p. 130.

<sup>27</sup> BACHELARD, Gaston. *La Philosophie du Non*, op. cit., p. 5. Citado por: LOPES, Alice R C. *Conhecimento Escolar: Ciência e Cotidiano*, op. cit., p. 131.

## **2.3 OBSTACÚLOS EPISTEMOLÓGICOS**

### **2.3.1 A EXPERIÊNCIA PRIMEIRA**

Ao criticar o empirismo, Bachelard baseia-se na ideia de que diante do real, a crença que é tida como verdadeira ofusca o que realmente deveríamos saber. Portanto, o primeiro obstáculo à cultura científica surge precisamente no ato da experiência primeira ou primeira observação. Segundo o autor, esse momento, quando colocado acima e antes da crítica, oferece uma sensação de satisfação imediata à curiosidade, pois se apresenta de forma pitoresca, fácil, encantadora e intuitiva. Nitidamente contra este tipo de Filosofia que se baseia em um sensualismo, Bachelard sustenta a ideia de que o espírito científico deve ser formado contra aquilo que é natural, contra nossos impulsos e contra a cotidianidade.

Fica claro, portanto, que para alcançar algum conceito científico, tal fascínio causado pela primeira observação necessita ser superado. Logo, é primordial nesse primeiro momento que as ideias predominem sobre as imagens.

### **2.3.2 O CONHECIMENTO GERAL**

Este obstáculo surge como uma extensão do primeiro, a partir da generalização das experiências primeiras. Segundo Bachelard, essa falsa doutrina do geral, que é entendida até hoje como uma doutrina fundamental do saber, prejudicou o progresso científico de maneira como nenhuma outra. Para ele:

Há de fato um perigoso prazer intelectual na generalização apressada e fácil. A psicanálise do conhecimento objetivo deve examinar com cuidado todas as seduções da facilidade. Só com essa condição pode-se chegar a uma teoria da abstração científica verdadeiramente sadia e dinâmica<sup>28</sup>.

---

<sup>28</sup> BACHELARD, Gaston. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*, op. cit., p. 69.

É importante frisar que generalidades mal colocadas são comumente frutos de uma tentativa apressada de dar aos conceitos ali operados uma validade universal. Surgem da tendência em definir leis científicas gerais com base em observações de fenômenos singulares.

### **2.3.3 O OBSTÁCULO VERBAL**

Este obstáculo ao pensamento científico é caracterizado por Bachelard como a tendência do uso indiscriminado de palavras ou figuras, bem como analogias e metáforas, para facilitar o processo de ensino-aprendizagem.

O uso de metáforas não é totalmente condenado por Bachelard. Entretanto, é necessário atentar para o perigo que as metáforas imediatas proporcionam ao aluno, quando estes, por conta própria ou seguindo a maneira como a metáfora foi utilizada, não são capazes de se desvencilhar da imagem concreta.

Bachelard afirma:

O perigo das metáforas imediatas para a formação do espírito científico é que nem sempre são imagens passageiras; levam a um pensamento autônomo; tendem a completar-se, a concluir-se no reino da imagem... Esses obstáculos, fortemente materializados, não acionam propriedades gerais, mas qualidades substantivas. É aí, numa experiência mais abafada, mais subjetiva, mais íntima, que reside a verdadeira inércia espiritual<sup>29</sup>

### **2.3.4 O OBSTÁCULO SUBSTANCIALISTA**

Outro impedimento à construção do conhecimento científico é o obstáculo substancialista. Segundo Bachelard, ele se justifica por uma tendência quase natural do espírito pré-científico condensar em um objeto todos os conhecimentos em que esse objeto desempenha um papel, sem se preocupar com a hierarquia dos papéis empíricos.

---

<sup>29</sup> Idem, p. 101.

Neste sentido, as substâncias passam a ter *qualidades* (muitas vezes ocultas e íntimas) ao invés de *propriedades*. Essa afirmação é tão responsável pelo atraso no progresso do pensamento científico, quanto a substancialização de uma qualidade imediata.

### **2.3.5 O OBSTÁCULO ANIMISTA**

Este obstáculo caracteriza-se a partir da generalização do conhecimento, realizada de maneira a atribuir vivacidade à matéria e a objetos inertes. Neste aspecto, significa dizer que os sentidos vitais e o corpo humano são supervalorizados, de modo que a vida passa a transcender o domínio que lhe é próprio.

### **2.3.6 OBSTÁCULOS DO CONHECIMENTO QUANTITATIVO**

Bachelard considera que este obstáculo se fundamenta na falsa impressão que a quantificação pode gerar acerca de objetos científicos, em suas próprias palavras:

Seria, aliás, engano pensar que o conhecimento quantitativo escapa, em princípio, aos perigos do conhecimento qualitativo. A grandeza não é automaticamente objetiva, e basta dar as costas aos objetos usuais para que se admitam as determinações geométricas mais esquisitas, as determinações quantitativas mais fantasiosas<sup>30</sup>.

Na sua concepção, tão críticos quanto os erros provenientes de um realismo na designação de um objeto, são aqueles que resultam de uma falha da matematização. Bachelard acredita que tanto o excesso, quanto a falta de precisão, são dois caminhos que acabam resultando em um obstáculo ao aprendizado.

---

<sup>30</sup> Idem, p. 259.

### 2.3.7 METÁFORAS, ANALOGIAS E O PROCESSO DE APRENDIZAGEM

Uma das principais origens dos obstáculos epistemológicos presentes no ambiente escolar é a tentativa de tornar todo o conteúdo abstrato por trás do conhecimento científico em algo familiar, algo confortável. Esta simplificação do conhecimento científico pode ser alcançada através do uso de metáforas, analogias e imagens.

Não se pode considerar, entretanto, que Bachelard seja peremptoriamente contra o uso de metáforas e analogias como recurso didático, mas sim contra seu uso desmedido e despreocupado. Defende que, se empregados de maneira correta, tais recursos podem servir como ponte para a formação do conhecimento científico a partir do conhecimento comum, devendo ser destruída assim que o objetivo do processo de aprendizagem seja alcançado.

Nas últimas décadas, muito se pesquisa com relação ao uso de analogias e metáforas. Não obstante, o tema é controverso entre autores diferentes, o que exige do estudioso uma análise cuidadosa ao comparar o que se encontra na literatura. Tais recursos podem ser usados de formas bastante distintas, ora de maneira displicente, ora com plena consciência de seus limites. Assim, os estudos mais sérios devem levar em conta, com clareza, a forma e a consequência da utilização desse recursos didáticos. Nagen et al., por exemplo, são contundentes ao afirmar que “analogias podem dar a luz tanto a monstros quanto a bebês saudáveis”<sup>31</sup>.

Em estudo já clássico, citado no Capítulo 1 deste trabalho, Duit explora as diferenças entre metáforas e analogias na discussão do papel de seu uso no ensino de Ciências<sup>32</sup>. É importante localizar o autor no terreno – e nos limites – do construtivismo, historicamente situado nos anos 90 do século passado, o que não lhe retira o mérito da análise cuidadosa. Ao admitir que o processo de aprendizagem se dá a partir de um conhecimento prévio, Duit defende a ideia de que analogias são de grande importância, já que através delas é possível construir similaridades entre o que já é conhecido e algo novo. Em relação ao uso de metáforas, no entanto, o autor é cauteloso, ainda que reconheça seu potencial pedagógico. Importante nas análises desse autor é não tratar como se fossem

---

<sup>31</sup> NAGEM, R. L. et al. Analogias e Metáforas no Cotidiano do professor - Texto complementar. In: *26a. Reunião Anual da ANPEd*, Poços de Caldas. Novo Governo. Novas Políticas. Rio de Janeiro, 2003, p. 5.

<sup>32</sup> DUIT, Reinders. On the role of analogies and metaphors in Learning Science. *Science Education*, New York, 75(6), p. 649-672, 1991, passim.

idênticas (tanto na conceituação quanto no uso pedagógico) as metáforas e as analogias, ainda que compartilhem o terreno comum das comparações.

Para Duit, simples comparações por afinidades superficiais não podem ser consideradas analogias. Analogias requerem a existência de identidades profundas entre a parte das estruturas em comparação, cada qual mantendo, no entanto, seu domínio próprio, o que lhes confere papel importante nas estratégias de ensino-aprendizagem. Assim,

[...] analogias devem tornar uma nova informação mais concreta e fácil de imaginar, de visualizar, e são, reconhecidamente, utilizadas com frequência no cotidiano por todos nós. Por compreender que o processo de ensino-aprendizagem tem por objetivo transformar o não-familiar em familiar e construir familiaridades entre o já conhecido e o desconhecido<sup>33</sup>.

As metáforas, diferentemente das analogias, são comparações cujas bases devem ser percebidas ou mesmo criadas pelo receptor. Dada o seu caráter implícito, acaba por privilegiar qualidades distintas em ambos os domínios em comparação, o que pode criar sérios riscos pedagógicos, como um certo conflito cognitivo. No entanto, é neste aspecto que podem se tornar ferramentas úteis, se o professor souber conduzir debates reflexivos. A partir do momento que provocam (e se provocarem) a reflexão, servem como convite para o desenvolvimento de uma construção analógica que possibilite a assimilação de um novo conceito ou informação. Com tais cuidados, a metáfora pode estimular a imaginação, servindo de ponte que conecta os domínios cognitivos e afetivos do ensino.

Por outro lado, o uso de tais ferramentas de maneira banal as transformam em potenciais perigos ao ensino, Duit destaca que: como analogias nunca são um correspondente exato entre o análogo e o alvo, essa diferença na estrutura dos dois domínios pode ser a fonte de erro do aluno; o aluno deve ter total conhecimento da analogia, pois, caso haja algum engano neste domínio, o erro será transferido para o entendimento do objeto alvo; o último ponto atenta para o fato de que, apesar do uso de analogias ser recorrente no cotidiano, o emprego deste recurso na sala de aula deve ser

---

<sup>33</sup> LOPES, Alice R.C. Conhecimento escolar em Química - Processo de mediação didática da ciência. São Paulo: *Química Nova*, 20 (5), 1997, p. 564.

feito de maneira cautelosa, visto que nesse ambiente seu uso nunca é de forma espontânea<sup>34</sup>.

Por fim, há que se considerarem as ressalvas bachelardianas de Lopes, que reclama, para a efetividade da aprendizagem científica, justamente o estranhamento, a não-familiaridade, a percepção do inusitado, algo que pode ser encoberto ou negligenciado nas estratégias pedagógicas demasiado facilitadoras, construídas a partir de uma ingênua aproximação com o mundo cotidiano e do espontaneísmo. Quando feita de forma indiscriminada, a aproximação entre concepções cotidianas e concepções científicas acaba por dificultar a necessária ruptura entre tais domínios, e é justamente a desconstrução dessa linearidade que deve ser a tarefa mais importante do professor de Ciências. No olhar atento e crítico da autora, esta foi uma das lacunas nos trabalhos de Duit, no mais, carente de uma maior problematização:

A limitação central da análise de Duit é o fato de não problematizar o processo de, através das metáforas e analogias, haver o objetivo de tornar o conhecimento científico próximo, familiar. Sem dúvida, a assimilação do conhecimento científico passa pela superação do distanciamento e do desconforto com concepções tão distantes do senso comum. Contudo, se essa aproximação entre concepções científicas e concepções cotidianas for feita indiscriminadamente, corremos o risco de reforçar o continuísmo e impedir que o aluno compreenda as diferenças imensas entre os conceitos nestes dois contextos<sup>35</sup>.

---

<sup>34</sup> DUIT, Reinders. On the role of analogies and metaphors in Learning Science, op. cit., passim.

<sup>35</sup> LOPES, A.R.C. Conhecimento escolar em Química - Processo de mediação didática da ciência, op. cit., p. 564-565.

## CAPÍTULO 3

### A ABORDAGEM ESCOLAR DA TABELA PERIÓDICA

Neste capítulo, abordaremos o foco escolhido como mote das investigações que constituem o presente trabalho: os obstáculos epistemológicos associados à docência, relatados a partir da abordagem do tema *Tabela Periódica*.

Uma breve introdução do assunto tem como objetivo situar as discussões, sem, com isso, pretender exaurir a complexidade do que foi a trajetória histórica da formulação desse sistema classificatório tão importante ao desenvolvimento da Ciência química e com enormes possibilidades didáticas e pedagógicas.

#### 3.1 BREVE HISTÓRICO DA TABELA PERIÓDICA

A Ciência lida diretamente com a necessidade de responder às questões atinentes à existência da vida e da formação do mundo, dos sistemas naturais e sociais, desdobrando-se em inúmeros espaços especializados que visam a fornecer uma explicação precisa e mais próxima da verdade, ainda que provisória, tanto quanto a estabelecer conexões entre todos esses domínios. Portanto, tentar relacionar essas informações e sistematizá-las é até os dias atuais uma prática comum, ainda que árdua e complexa.

Para compreensão da Tabela Periódica – também conhecida como Classificação Periódica dos Elementos –, é necessário, antes de tudo, conhecer como foi o processo de descoberta dos elementos químicos que a compõem.

Tudo se inicia por volta de 600 a.C., quando filósofos gregos, como Tales de Mileto, Heráclito, Aristóteles entre outros, se dedicam a compreender a natureza do Universo e a estrutura da matéria que o compõe. A teoria de Aristóteles postulava que tudo seria formado por 4 elementos – ar, água, fogo, terra – e ainda o éter, ou

pela combinação deles<sup>36</sup>. Entretanto, essa ideia começa a perder força com o nascimento da Alquimia.

A Alquimia surge como uma prática que envolve elementos como magia, Filosofia, Astrologia, Química e Religião. Apesar de alguns autores não reconhecerem a Alquimia como Ciência<sup>37</sup>, dado ao seu caráter especulativo e metafísico, deve-se admitir que esta contribuiu com a Química moderna no que diz respeito ao isolamento de algumas substâncias, como ácido sulfúrico e ácido nítrico, às técnicas de metalurgia e àquelas ligadas diretamente ao laboratório, como destilação, calcinação, cristalização, etc.

De fato, o conceito aristotélico de quatro elementos foi superado com o estabelecimento da noção de “elemento” de Robert Boyle, em seu livro *O químico cético*, de 1661. Ele deixa de lado a perspectiva aristotélica, que enxergava a matéria como uma qualidade, passando então a entendê-la como uma substância.

Nas palavras de Boyle, no apêndice de seu livro:

Chamo agora elementos certos corpos primitivos e simples, perfeitamente puros de qualquer mistura, que não são constituídos por nenhum outro corpo, ou uns pelos outros, que são os ingredientes a partir dos quais todos os corpos que chamamos misturas perfeitas são compostos de modo imediato, e nos quais estes últimos podem ser finalmente resolvidos. E o que me pergunto agora é se existe um corpo deste tipo que se encontre de modo constante em todos, e em cada um, daqueles que se dizem constituídos por elementos<sup>38</sup>.

Mais tarde, já no século 18, a descoberta do gás oxigênio e as análises quantitativas que Antoine Lavoisier realizava em seus experimentos de combustão serviram como base para o enunciado de uma das mais importantes leis da Química: “Numa reação química, a soma das massas dos reagentes é igual à soma das massas

---

<sup>36</sup> Discussão sobre a Matéria Celeste em Aristóteles. In: ÉVORA, Fátima R. R. *Cad. Hist. Fil. Ci.* Campinas: Série 3, v. 17, n. 2, jul.- dez., 2007, p. 359-373.

<sup>37</sup> A este respeito, confira: COSTA, António. *Sementes de ciência*. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2011, p. 52.

<sup>38</sup> Citado por: BENSUAUDE-VINCENT, B.B. e STENGERS, I. *História da Química*. Lisboa: Editora Piaget, 1992. p. 53-54. In: OKI, Maria da Conceição M. O Conceito de Elemento da Antiguidade à Modernidade. *Química Nova na Escola*, nº 16, 2002, p. 21-25.

dos produtos”. Esse estudo possibilitou que Lavoisier apresentasse, em seu livro *Tratado elementar da Química*, de 1789, uma tabela contemplando 33 substâncias elementares divididas em quatro grupos, conforme registrado por Tolentino et al.:

Substâncias simples que pertencem aos três reinos e que são consideradas como os elementos dos corpos: calórico, oxigênio, azoto e hidrogênio; substâncias simples não metálicas e oxidáveis e acidificáveis: enxofre, fósforo, carbono, radical muriático, radical fluórico e radical borácico; substâncias simples metálicas, oxidáveis e acidificáveis: antimônio, arsênio, prata, bismuto, cobalto, cobre, estanho, ferro, manganês, mercúrio, molibdênio, níquel, ouro, platina, chumbo, tungtênio e zinco; substâncias simples salificáveis e terrosas: cal, magnésia, barita, alumina e sílica<sup>39</sup>.

No período que envolve o final do século 18 e início do século 19, surgem grandes generalizações e sistematizações acerca do conhecimento químico. É nesta época que Dalton propõe que as substâncias são formadas por partículas indivisíveis com um massa característica. A essas partículas ele deu o nome de *átomo*, sendo sua massa definida como peso atômico.

Alguns anos após o surgimento da teoria atômica, Döbereiner estabelece a primeira relação entre pesos atômicos e propriedades macroscópicas e começa a agrupar elementos em sequencias de 3, as quais ele denominou tríades. Algumas das tríades propostas na época de fato se assemelham ao modo como classificamos alguns elementos até hoje, são elas: cálcio, estrôncio e bário; enxofre, selênio e telúrio; cloro, bromo e iodo.

Mesmo com relativa exatidão, se comparada à nossa organização atual, a maneira como se relacionava propriedades e pesos atômicos foi objeto de grande polêmica na primeira metade do século 19. As opiniões da época eram divididas entre cientistas que acreditavam na ideia de pesos equivalentes e aqueles adeptos à teoria dos pesos atômicos. Com o intuito de colocar um ponto final nessa discussão, o primeiro congresso científico internacional de Química aconteceu em Karlsruhe, Alemanha. O encontro de mais de 140 químicos de diversos países foi crucial para a evolução de modelos científicos e da própria Tabela Periódica. Vale ressaltar neste

---

<sup>39</sup> TOLENTINO, Mario; ROCHA-FILHO, Romeu C. Alguns Aspectos Históricos da Classificação dos Elementos Químicos. *Química Nova*, 20(1), 1997, p. 103.

trabalho que as discussões ali em jogo se valiam, também, de certo cunho ideológico. Enquanto alguns cientistas aceitavam a ideia de pesos atômicos, e de certo modo, assumiam a realidade dos átomos, positivistas se mostravam relutantes em romper com a verdade prévia que carregavam em torno da ideia de equivalentes, opondo-se à existência dos átomos<sup>40</sup>.

Não podemos afirmar que o congresso sepultou o conceito de equivalente, visto que até hoje é comum a expressão de concentrações em normalidade. Entretanto, após o congresso, fica em evidência a relação entre as propriedades dos elementos e seu peso atômico, surgindo daí uma nova organização que levou o nome de *Parafuso Telúrico*, elaborado por Alexandre Chancourtois (Figura 1):

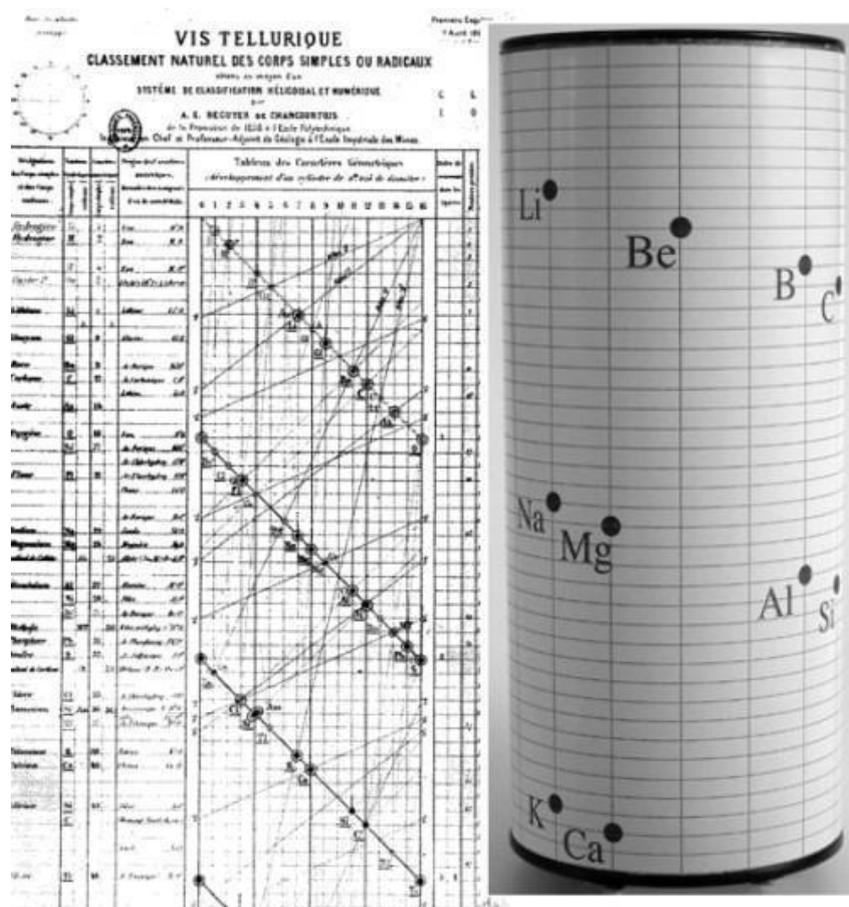


Figura 1: O Parafuso Telúrico de Chancourtois<sup>41</sup>:

<sup>40</sup> Idem, p. 105.

<sup>41</sup> Os elementos eram agrupados em ordem crescente de massa atômica em formato de um parafuso, ou seja, na forma de um espiral de 45°, em que havia 16 elementos em cada volta. Os elementos com características semelhantes ficavam um embaixo do outro. No sítio: *CultureSciences-Chimie*, em:

A primeira ideia de periodicidade aparece na proposta que ficou conhecida como *Lei das Oitavas*, quando John Newlands (1837-1898) organizou os elementos conhecidos em ordem crescente de seus pesos atômicos, verificando que a cada conjunto de oito elementos, algumas propriedades se repetiam (Figura 2).

H 1	F 8	Cl 15	Co-Ni 22	Br 29	Pd 36	I 42	Pb-Ir 50
Li 2	Na 9	K 16	Cu 23	Rb 30	Ag 37	Cs 44	Tl 53
Gl 3	Mg 10	Ca 17	Zn 14	Sr 31	Cd 38	Ba-V 45	Pb 54
B 4	Al 11	Cr 18	Y 25	Ce-La 32	U 40	Ta 46	Th 56
C 5	Si 12	Ti 19	In 26	Zr 33	Sn 39	W 47	Hg 52
N 6	P 13	Mn 20	As 27	Di-Mo 34	Sb 41	Nb 48	Bi 55
O 7	S 14	Fe 21	Se 28	Ro-Ru 35	Te 43	Au 49	Os 51

**Figura 2:** Tabela de Newlands relacionada à Lei das Oitavas<sup>42</sup>

É depois de Odling, que propôs um sistema de organização que também se baseia na propriedades dos elementos, que Mendeleiev consegue elaborar uma tabela que não só dispunha os elementos com uma precisão ainda não atingida por seus colegas, como também apresentava lacunas vazias que deveriam ser preenchidas por elementos ainda não descobertos (Figura 3).

A modernização da Tabela Periódica aconteceu com a descoberta da radioatividade, que permitiu uma maior compreensão da estrutura nuclear do átomo e, por fim, a conclusão de que o número atômico passasse a ser a variável independente da Tabela Periódica.

<<http://culturesciences.chimie.ens.fr/content/la-classification-periodique-de-lavoisier-a-mendeleiev-1229>>, acesso em 13/05/2016.

<sup>42</sup> Citado por: TOLENTINO, Mario; ROCHA-FILHO, Romeu C, 1997, op. cit., p. 106.

P e r í o d o	S é r i e s	Grupos																		
		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII			(0)	
		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	
1	1	H 1															He 2			
2	2	Li 3		Be 4		B 5		C 6		N 7		O 8		F 9					Ne 10	
3	3	Na 11		Mg 12		Al 13		Si 14		P 15		S 16		Cl 17					Ar 18	
4	4	K 19		Ca 20		Sc 21		Ti 22		V 23		Sr 24		Mn 25		Fe 26 Co 27 Ni 28			Kr 30	
	5	Cu 29		Zn 30		Ga 31		Ge 32		As 33		Se 34		Br 35						
5	6	Ru 37		Sr 38		Y 39		Zr 40		Nb 41		Mo 42		Tc 43		Ru 44 Rh 45 Pd 46			Xe 54	
	7	Ag 47		Cd 48		In 49		Sn 50		Sb 51		Te 52		I 53						
6	8	Cs 55		Ba 56		Terras Raras 57-71		Hf 72		Ta 73		W 74		Re 75		Os 76 Ir 77 Pt 78				
	9	Au 79		Hg 80		Tl 81		Pb 82		Bi 83		Po 84		At 85					Rn 86	
7	10	Fr 87		Ra 88		Ac 89		Th 90		Pa 91		U 92								

Figura 3: Tabela moderna de Mendeleiev<sup>43</sup>

Com o avanço da Ciência, descobriram-se mais elementos químicos, de modo que hoje em dia a Tabela Periódica é composta por mais de 110 elementos. No decorrer desses anos, criou-se a série dos actínídeos e lantanídeos, até que chegou-se à Tabela Periódica atual, cuja novíssima versão oficialmente reconhecida pela IUPAC – *International Union of Pure and Applied Chemistry* – data de janeiro de 2016 (Figura 4).

<sup>43</sup> Idem, p. 112

**IUPAC Periodic Table of the Elements**

1 H hydrogen (1.007 94)																	2 He helium 4.002 602
3 Li lithium (6.941 16)	4 Be beryllium 9.012 182	Key: atomic number Symbol name standard atomic weight										5 B boron (10.811)	6 C carbon (12.011)	7 N nitrogen (14.006 44)	8 O oxygen (15.999 4)	9 F fluorine (18.998 403)	10 Ne neon 20.179 7
11 Na sodium (22.989 769 28)	12 Mg magnesium (24.304)											13 Al aluminium 26.981 538 6	14 Si silicon (28.085 5)	15 P phosphorus 30.973 762	16 S sulfur (32.06)	17 Cl chlorine (35.45)	18 Ar argon 39.962 4
19 K potassium 39.098 3	20 Ca calcium 40.078 4	21 Sc scandium 44.955 912	22 Ti titanium 47.88	23 V vanadium 50.941 5	24 Cr chromium 51.996 1	25 Mn manganese 54.938 045	26 Fe iron 55.845	27 Co cobalt 58.933 195	28 Ni nickel 58.693 4	29 Cu copper 63.546	30 Zn zinc 65.38	31 Ga gallium 69.723	32 Ge germanium 72.630	33 As arsenic 74.921 6	34 Se selenium 78.96	35 Br bromine (79.904)	36 Kr krypton 83.80
37 Rb rubidium 85.467 8	38 Sr strontium 87.62	39 Y yttrium 88.905 84	40 Zr zirconium 91.224	41 Nb niobium 92.906 38	42 Mo molybdenum 95.94	43 Tc technetium	44 Ru ruthenium 101.07	45 Rh rhodium 102.905 5	46 Pd palladium 106.367 5	47 Ag silver 107.868 2	48 Cd cadmium 112.411	49 In indium 114.818	50 Sn tin 118.710	51 Sb antimony 121.757	52 Te tellurium 127.6	53 I iodine 126.905 47	54 Xe xenon 131.29
55 Cs cesium 132.905 451	56 Ba barium 137.327	57-71 lanthanoids	72 Hf hafnium 178.49	73 Ta tantalum 180.947 88	74 W tungsten 183.84	75 Re rhenium 186.207	76 Os osmium 190.23	77 Ir iridium 192.222	78 Pt platinum 195.084	79 Au gold 196.966 569	80 Hg mercury 200.59	81 Tl thallium 204.383 3	82 Pb lead 207.2	83 Bi bismuth 208.980 4	84 Po polonium	85 At astatine	86 Rn radon
87 Fr francium	88 Ra radium	89-103 actinoids	104 Rf rutherfordium	105 Db dubnium	106 Sg seaborgium	107 Bh bohrium	108 Hs hassium	109 Mt meitnerium	110 Ds darmstadtium	111 Rg roentgenium	112 Cn copernicium	113 Nh nihonium	114 Fl flerovium	115 Uup ununpentium	116 Lv livermorium	117 Uus ununseptium	118 Uuo ununoctium
57 La lanthanum 138.905 47	58 Ce cerium 140.12	59 Pr praseodymium 140.907 66	60 Nd neodymium 144.24	61 Pm promethium	62 Sm samarium 150.36	63 Eu europium 151.964	64 Gd gadolinium 157.25	65 Tb terbium 158.925 349	66 Dy dysprosium 162.5	67 Ho holmium 164.930 329	68 Er erbium 167.259	69 Tm thulium 168.934 226	70 Yb ytterbium 173.054 688	71 Lu lutetium 174.967			
89 Ac actinium	90 Th thorium 232.037 7	91 Pa protactinium 231.036 889	92 U uranium 238.028 91	93 Np neptunium	94 Pu plutonium	95 Am americium	96 Cm curium	97 Bk berkelium	98 Cf californium	99 Es einsteinium	100 Fm fermium	101 Md mendelevium	102 No nobelium	103 Lr lawrencium			



For notes and updates to this table, see [www.iupac.org](http://www.iupac.org). This version is dated 8 January 2016. Copyright © 2016 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry.

Figura 4: Tabela Periódica versão 2016 da IUPAC<sup>44</sup>

### 3.2 INVESTIGAÇÕES SOBRE O CONHECIMENTO ESCOLAR DA TABELA PERIÓDICA

A Tabela Periódica é uma importante ferramenta no ensino de Química. Sua complexidade e seu longo processo de construção resultaram em uma forma de organização prática, da qual se extraem informações relevantes sobre os elementos químicos e suas propriedades, possibilitando a previsão de interações entre eles. As informações ali contidas servem de guia tanto para pesquisas acadêmicas quanto para consultas em salas de aula.

Apesar de ser considerada uma ferramenta de grande potencial, acaba sendo subutilizada em sala de aula por motivos que podem ser relacionados a dificuldades de compreensão por parte dos alunos (e, muitas vezes, do próprio professor), pelo modo como é abordada nas aulas ou pela combinação desses óbices.

<sup>44</sup> Disponível em: < [http://iupac.org/cms/wp-content/uploads/2015/07/IUPAC\\_Periodic\\_Table-8Jan16.jpg](http://iupac.org/cms/wp-content/uploads/2015/07/IUPAC_Periodic_Table-8Jan16.jpg)>, acesso em 13/05/2016.

Como tentativa de facilitar a aproximação do aluno com o tema, na expectativa de aumentar seu interesse pela Química, diversos trabalhos em língua portuguesa, de várias naturezas e provenientes de todas as regiões do país, têm sido publicados acerca do ensino da Tabela Periódica no nível da Educação básica. As estratégias variam da utilização de textos de divulgação científica ao uso de metodologias alternativas como *softwares* e jogos, passando pelos recursos da História e Filosofia das Ciências como referências de estudo. Esta pequena revisão bibliográfica, portanto, será limitada a alguns trabalhos representativos com focos diversos sobre a Tabela Periódica, publicados em língua portuguesa, a partir da última década do século XX até os mais recentemente disponíveis. Fará parte de considerações importantes nesta monografia, a serem tratadas no próximo capítulo.

Segundo Dallacosta e colaboradores, os alunos têm problemas de aprendizagem relacionados à Tabela Periódica devido à sua natureza abstrata. Existe um obstáculo que impede que o aluno associe prótons, nêutrons e elétrons ao mundo real e, portanto, as informações contidas na Tabela Periódica ganham sentido distorcido para eles<sup>45</sup>. Os autores desenvolveram a produção de um *software* educacional para ensino da Tabela Periódica, com recursos de multimídia compatíveis com a época (1998), que permite ao usuário, em interface familiar, selecionar aspectos relevantes, como propriedade dos elementos, histórico de sua descoberta ou isolamento, compostos mais usuais representativos de cada elemento, ligações químicas, preparação, abundância etc. Como defesa da nova tecnologia, os autores assinalam a possibilidade de acesso não-linear às informações, conduzindo à composição de ligações mais próximas ao modo humano de organizar o conhecimento, com vantagens sobre o texto sequencial<sup>46</sup>. Ainda que datado, o trabalho vale pelo histórico dos usos da informática educativa, cujos primórdios se localizam nos anos 80 do século passado, o que permite ao leitor traçar uma panorâmica do desenvolvimento de recursos pedagógicos alternativos aos tradicionalmente utilizados em sala de aula. Tais recursos inauguraram uma frente de trabalho importantíssima e que, hoje, se diversifica através de novos

---

<sup>45</sup> DALLACOSTA, Adriana; FERNANDES, Anita M. R.; BASTOS, Rogério C. Desenvolvimento de um software educacional para o ensino de Química relativo à tabela periódica In: *IV Congresso RIBIE - Rede Iberoamericana de Informática Educativa*, Brasília, 1998.

<sup>46</sup> Idem, em *Conclusões*.

programas, jogos, aplicativos e tantas outras ferramentas multimídia favorecidas pelo desenvolvimento vertiginoso dos dispositivos tecnológicos e acesso *on-line* às informações, genérica e contemporaneamente designadas como *TIC* - Tecnologias de Informação e Comunicação<sup>47</sup>.

Em trabalho publicado em 2008, Medeiros oferece um contraponto interessante às conclusões de Dallacosta et al<sup>48</sup>. (que, de certa forma, assumem como inexoráveis os aspectos positivos da aprendizagem mediada por computadores), destacando que “é a maneira com a qual o professor utiliza o computador que trará contribuições positivas para o processo ensino-aprendizagem”, devendo ele, portanto, “ter o cuidado para não transformar o equipamento em mais um objeto de auxílio, como, por exemplo, transcrever a aula do quadro negro para a tela de apresentação do *Microsoft Power Point*®”<sup>49</sup>.

Partindo de uma análise crítica de livros didáticos que se limitam tão somente a reproduzir informações de forma pouco instigante, sem envolver problematizações acerca da Tabela Periódica, Medeiros propôs-se a analisar o alcance pedagógico suplementar do *QuipTabela* (versão 2004), *software* em português, atualizado e aberto, supondo-o “de grande utilidade para apresentar e facilitar a consulta, manipulação e correlação entre dados essenciais para o estudo da regularidade das propriedades periódicas dos elementos”<sup>50</sup>. Demonstrando preocupação mais crítica, o autor chama atenção ao fato de que o envolvimento do aluno, a disponibilidade de plataformas interativas que instiguem soluções a um problema relevante devam ser critérios na escolha de um bom programa. Com os cuidados assinalados quanto à conduta docente e seleção de seu material de trabalho, o autor mostrou-se favorável ao uso do *software* analisado.

---

<sup>47</sup> TIC: termo surgido originalmente na Inglaterra, por ocasião da elaboração da Reforma Curricular Britânica de 2000. Refere-se ao duplo domínio do tratamento da informação, via recursos tecnológicos computacionais, e da transmissão da informação, com ou sem fio, a partir de redes de computadores, aplicativos, telefones fixos e celulares etc. Pode ser considerada, em resumo, como o conjunto de recursos tecnológicos integrados entre si – *software*, *hardware* e telecomunicações –, com finalidades nos negócios, na pesquisa e no ensino.

<sup>48</sup> DALLACOSTA, Adriana; FERNANDES, Anita M. R.; BASTOS, Rogério C. Desenvolvimento de um software educacional para o ensino de Química relativo à tabela periódica, op. cit.

<sup>49</sup> MEDEIROS, Miguel A. A informática no ensino de química: análise de um *software* para o ensino da Tabela Periódica. *Anais do XIV ENEQ – Encontro Nacional de Ensino de Química*, Curitiba, 2008.

<sup>50</sup> Idem, p. 2.

No âmbito da produção de *softwares* educacionais interativos, é possível localizar propostas recentes de aplicativos voltados à aprendizagem da Tabela Periódica. O software *Tabela Periódica 2013* foi desenvolvido para plataforma *Windows* e se destina aos níveis fundamental (9º ano) e médio, aos quais não são muitos os produtos destinados em língua portuguesa, na justificativa de seus idealizadores<sup>51</sup>. Trata-se de uma ferramenta que visa à aprendizagem colaborativa, atualizável, destacando-se a importância dada ao professor como orientador e mediador no uso do recurso, bastando para isto um treinamento operacional curto. As possibilidades de atualização permanente do *software*, em função das divulgações da comunidade científica, a facilidade de uso e de interação com o usuário, bem como o envolvimento docente nos processos de mediação didática do conhecimento da Tabela Periódica, são apontados na conclusão do trabalho como indicadores do êxito do projeto.

Uma consequência direta do uso e desenvolvimento de *softwares* educativos com recursos de multimídia foi a criação jogos eletrônicos destinados ao ensino de Ciências nos níveis fundamental (9º ano) e médio, a partir das TIC. Combinando recursos de ambiente de aprendizagem mediado por computador e desenvolvimento de jogo de peças confeccionadas com materiais de baixo custo, Silva et al. propõem uma estratégia didática contextualizada para o ensino da Tabela Periódica<sup>52</sup>. Através do *software A Química no Corpo Humano*, é possível ao aluno, clicando sobre um determinado elemento químico na tela do computador, obter informações detalhadas sobre ele e destacar a sua zona de atuação no organismo, o que permite uma discussão fora dos padrões usuais de tratamento dos elementos químicos e da própria Tabela Periódica. Finda esta etapa, apresenta-se um jogo de peças produzidas com material de baixo custo – *O Corpo Humano e a Tabela Periódica* –, a partir do qual novas e relevantes informações são apresentadas aos jogadores, obtidas mediante obediência às regras do jogo, com as quais se consolidam, de forma abrangente e interdisciplinar, as informações relevantes

---

<sup>51</sup> SOUZA, Marcelo P.; MERÇON, Fábio. A Utilização de Recursos Computacionais em Química no Ensino da Tabela Periódica. *IX Simpósio Educação e Sociedade Contemporânea: desafios e propostas*. Universidade do Estado do Rio de Janeiro – CAP UERJ, setembro de 2014.

<sup>52</sup> SILVA, Denise; MÜNCHEN, Sinara; CARLAN, Francele A.; DEL PINO, José C. Uma proposta diferenciada para o ensino de Tabela Periódica. Unijuí: 33º *Encontro de Debates sobre o Ensino de Química – Movimentos Curriculares da Educação Química: o Permanente e o Transitório* – EDEC n. 33, 2013.

sobre elementos e sua representação na Tabela Periódica, dando destaque a seu potencial informativo. A sequência de atividades foi proposta e aplicada em uma escola particular de ensino médio em Uruguaiana, RS, para turmas de segundo ano, tendo alcançado resultados satisfatórios, em termo de consolidação da aprendizagem e desenvolvimento de ambiente de cooperação, nas palavras dos autores.

Os jogos de carta e tabuleiro vêm ocupando lugar de destaque nos relatos de experiência em artigos de revista e congressos – e mesmo em trabalhos pós-graduados – voltados ao ensino de Química. São entusiasmados os depoimentos de professores da área que avalizam sua eficácia em sala de aula, possivelmente por seu baixo custo de produção e caráter lúdico, os que os tornam muito apropriados aos mais jovens, ainda no ensino fundamental<sup>53</sup>. Versões do jogo comercial *Super Trunfo*® se modulam para fins pedagógicos, e uma dessas é o *Super Trunfo da Tabela Periódica*, em cartões impressos, conforme relato de Godoi et al.<sup>54</sup>, que atestam sua eficácia na aplicação em uma escola pública do ensino fundamental no município de São José dos Campos, SP. As vantagens apontadas foram a receptividade dos alunos envolvidos na tarefa, a aproximação dos grupos no desenvolvimento de um trabalho coletivo e a aquisição de conceitos químicos relevantes.

Aplicativos baseados no *Super Trunfo*®, como o jogo *Xenubi*, para celulares e *tablets*, foram introduzidos no estudo da Tabela Periódica em uma turma de segundo ano do ensino médio de uma escola da rede pública no interior do Rio Grande do Sul, com resultados bastante expressivos em favor da aprendizagem dos conceitos envolvidos<sup>55</sup>. A possibilidade de repetição da tarefa e a facilidade da

---

<sup>53</sup> Ver: GODOI, Thiago A. F.; OLIVEIRA, Huender P. M.; CODOGNOTO, Lúcia. Tabela Periódica: um Super Trunfo para Alunos do Ensino Fundamental e Médio. *Química Nova na Escola*, 32(1), fev. 2010, p. 22-25; BRANDÃO, Henry C. A. D. N. T. M. *Estudo sobre a aprendizagem lúdica da Tabela Periódica através do jogo Super Trunfo*. Monografia de Especialização, Modalidade de Ensino a Distância, Universidade Técnica Federal do Paraná, Campus Medianeira, 2014; PORTZ, Luciano G.; EICHLER, Marcelo L. Uso de jogos digitais no ensino de química: um Super Trunfo sobre a Tabela Periódica. Unijuí: 33<sup>º</sup> Encontro de Debates sobre o Ensino de Química – Movimentos Curriculares da Educação Química: o Permanente e o Transitório – EDEC n. 33, 2013; IGNÁCIO, Andréia Christina. *O RPG eletrônico no ensino de química: uma atividade lúdica aplicada ao conhecimento de tabela periódica*. Dissertação de Mestrado em Formação Científica, Educacional e Tecnológica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

<sup>54</sup> Ver: GODOI, Thiago A. F. et al. Tabela Periódica: um Super Trunfo para Alunos do Ensino Fundamental e Médio, op. cit.

<sup>55</sup> Ver: PORTZ, Luciano G.; EICHLER, Marcelo L. Uso de jogos digitais no ensino de química: um Super Trunfo sobre a Tabela Periódica, op. cit.

plataforma (a partir de celulares e *tablets*) foram relatadas como aspectos relevantes ao sucesso da experiência. Não há indicação do ano da realização da atividade, mas o relato foi publicado em 2013, o que a supõe próxima dessa data.

Fora do ambiente das TIC, muitas propostas foram desenvolvidas recentemente, tendo a Tabela Periódica como foco, como o *Ludo Químico da Tabela Periódica*<sup>56</sup>. A proposta envolveu bolsistas do PIBID – Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência –, localizado no *Campus* Currais Novos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, um supervisor do Programa e docentes uma escola estadual no mesmo município. O projeto foi destinado a turmas do primeiro ano do ensino médio da Instituição, no ano de 2012, cujos alunos acolheram bem a proposta, sentiram-se motivados pelas atividades e apresentaram resultados pedagógicos positivos quanto ao aprendizado dos conceitos envolvidos no estudo da Tabela Periódica. A conclusão mais significativa do trabalho foi a que evidencia a capacidade de organização coletiva da atividade e a mudança de comportamento dos próprios docentes envolvidos e a parceria com a Instituição federal.

Todos os relatos que envolvem uso de programas, aplicativos ou jogos físicos em favor da aprendizagem da Tabela Periódica são unânimes em atestar os bons resultados da experiência pedagógica, e indicam a necessidade: a) de uma introdução prévia dos conceitos fundamentais, como a noção de elemento químico e suas propriedades; b) da mediação do professor durante todo o processo, a fim de retirar desses recursos seu caráter acessório, evitando procedimentos mecânicos e impensados; c) da recorrência, o que implica a retomada dos conceitos apreendidos e sua verificação.

A utilização de um livro de divulgação científica em sala foi a estratégia didática adotada por De Luca e Vieira para apresentação dos estudos da Tabela Periódica em duas turmas de primeiro ano do ensino médio, em uma escola privada do município de Rio do Sul, SC, em setembro de 2012<sup>57</sup>. Os autores relatam seu

---

<sup>56</sup> COSTA, Ana F. Ludo químico: uma alternativa didática para o ensino da Tabela Periódica. *Anais do IX CONGIC – Congresso de Iniciação Científica do IFRN*. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, *Campus* Currais Novos, RN, 2013.

<sup>57</sup> De LUCA, Anelise G; VIEIRA, Josué. A colher que desaparece: uma abordagem histórica da tabela periódica. Unijuí: 33<sup>º</sup> *Encontro de Debates sobre o Ensino de Química – Movimentos Curriculares da Educação Química: o Permanente e o Transitório*. EDEC n. 33, 2013.

próprio trabalho em sala de aula, desenvolvido a partir da leitura do livro *A colher que desaparece: E outras histórias reais de loucura, amor e morte a partir dos elementos químicos*, de Sam Kean, que alcançou leitores fora do circuito acadêmico<sup>58</sup>. As turmas foram divididas em grupo e cada um recebeu um capítulo do livro para leitura e apresentação de seminários, cujo foco foi a discussão de aspectos relacionados com diversos elementos químicos e sua relação com a construção da Tabela Periódica. Destacando depoimentos de seus alunos, os autores concluem haver sido alcançado bom aproveitamento no que tange à elucidação de aspectos sociais e políticos, filosóficos, históricos e econômicos, ainda que não os tenha relatado com pormenores (provavelmente devido ao espaço restrito de publicação nos anais do evento).

Com base na História da Química, Piccoli desenvolveu uma pesquisa participativa com alunos do ensino médio de uma escola pública em Porto Alegre, Rio Grande do Sul, não sem previamente haver tido o cuidado de lhes fornecer um embasamento teórico para discussões históricas<sup>59</sup>. Citado pela autora nas referências de seu trabalho, Matthew enfatiza que a História da Ciência pode contribuir na superação “de um mar de informações sem significado” que se diz haver inundado as salas de aula, ambiente em que equações e fórmulas são apresentadas sem que seu verdadeiro sentido seja entendido pelos alunos<sup>60</sup>.

Partindo da concepção de Vygotsky de que o sujeito, ao participar ativamente da construção de sua própria Cultura e História, terá mais condições de modificar-se a si mesmo e, com isso, será capaz de impingir mudanças nos sujeitos com quem interage, Piccoli constatou que aqueles alunos que, de fato, se engajaram nos trabalhos propostos durante o ano letivo demonstraram maior familiaridade com a Tabela Periódica, tendo sido capazes de dela extrair os conhecimentos necessários

---

<sup>58</sup> KEAN, Sam. *A colher que desaparece – E outras histórias de loucura, amor e morte a partir dos elementos químicos*. Rio de Janeiro: Zahar, 2011.

<sup>59</sup> PICCOLI, Flavia. *A História da Química pode ajudar os alunos a atribuir sentido para a Tabela Periódica?* Monografia Final de Curso de Licenciatura em Química. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

<sup>60</sup> MATTHEWS, M.R. Historia, Filosofia y enseñanza de las Ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de Las Ciencias*, 12(2), 1994, p. 256.

para os temas futuros tratados em sala de aula. A participação foi o elemento central na avaliação positiva da experiência pela autora.

Há um consenso dentro da Didática da Ciência sobre a importância de trazer a História e a Filosofia das Ciências como subsídios fundamentais à aprendizagem científica e vários estudos publicados nos últimos anos corroboram essa perspectiva<sup>61</sup>. No âmbito da Química, modelos atômicos, elementos químicos e Tabela Periódica são referência quase obrigatória nesses estudos.

Partindo dessa premissa, Mehlecke et al. relatam os resultados de uma pesquisa documental desenvolvida por eles sobre as abordagens da Tabela Periódica em livros didáticos distribuídos pelo Programa Nacional do Livro Didático de Ensino Médio (PNLEM), em 2008<sup>62</sup>. O trabalho conclui que apenas parcialmente é dada uma perspectiva histórica ao tema, ainda assim por meio de recortes e figuras anexas. Sem problematizar o assunto, não fica claro para o estudante leitor a relação entre conhecimento químico e evolução da Tabela. A conclusão do trabalho é que prevalece, na Educação tradicional, uma perspectiva dogmática da História da Ciência, da qual se excluem as controvérsias científicas e os embates inerentes à sua própria construção, relegando a percepção a um recorte neutro da Ciência e do próprio conhecimento científico.

Por fim, nesta breve revisão bibliográfica, pode-se citar a preocupação com a abordagem da Tabela Periódica na Educação de Jovens e Adultos (EJA), nos

---

<sup>61</sup> Alguns trabalhos representativos em recorte cronológico: BIZZO, Nelio M. V. História da Ciência e ensino: onde terminam os paralelos possíveis? *Em Aberto*, Brasília, ano 11, nº 55, jul./set. 1992, p. 29-35; SILVEIRA, Fernando L. A Filosofia da Ciência e o ensino de Ciências. Brasília: *Em Aberto*, ano 11, nº 55, jul./set. 1992, p. 36-41; BARRA, Eduardo S. O. A realidade do mundo da Ciência: um desafio para a História, a Filosofia e a Educação científica. *Ciência & Educação*, 5(1), 1998, p. 15-26; VILLANI, Alberto. Filosofia da Ciência e ensino de Ciência: uma analogia. *Ciência & Educação*, 7(2), 1998, p. 169-182; TORRES, Adriana P. G.; BADILLO, Romulo G. Historia, epistemologia y didáctica de las ciencias: unas relaciones necesarias. *Ciência & Educação*, 13(1), 2007, p. 85-98; GONZÁLEZ, Johanna P. C.; GATICA, Mario Q. Resolución de problemas científicos desde la Historia de la Ciencia. Retos y desafíos para promover competencias cognitivo lingüísticas en la Química escolar. *Ciência & Educação*, 14(2), 2008, p. 197-212.

<sup>62</sup> MEHLECKE, Clarissa M.; EICHLER, Marcelo L.; SALGADO, Tania D. M.; DEL PINO, José C. A abordagem histórica acerca da produção e da recepção da Tabela Periódica em livros didáticos brasileiros para o ensino médio. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 11(3), 2012, p. 521-545.

trabalhos de Lemos et al<sup>63</sup>. e Sales et al<sup>64</sup>. A produção de materiais didáticos envolvendo a Tabela Periódica para o ensino de Física das Partículas no ensino médio é descrita em trabalho proposto por Ostermann et al<sup>65</sup>.

A diversificação nas abordagens pedagógicas da Tabela Periódica, tanto em termos de propostas como de críticas, não apenas permite sustentar a atualidade do tema, como também revela as imensas possibilidades didáticas à disposição do professor em seu trabalho.

---

<sup>63</sup> LEMOS, R.; CORRÊA, P. A utilização do lúdico no ensino da tabela periódica com foco na modalidade EJA em uma escola pública de Macapá-AP. *Anais do 53º Congresso Brasileiro de Química*, Rio de Janeiro, outubro de 2013.

<sup>64</sup> SALES, Flávia R. P.; SILVA, Carlindo M. Q., SOUZA, Niely S.; FIGUEIRÊDO, Alessandra M. T. A. Tabela Periódica: contextualização e experimentação numa turma de jovens e adultos do Instituto Federal da Paraíba. *Anais do II Congresso Nacional de Educação*, Campina Grande, PB, 2015.

<sup>65</sup> OSTERMANN, Fernanda; CAVALCANTI, Cláudio J. H. Um pôster para ensinar Física de Partículas na Escola. *Física na Escola*, 2(1), 2001, p. 13-18.

## **CAPÍTULO 4**

### **AS ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS ADOTADAS**

Este capítulo tratará da análise crítica das aulas ministradas sobre a Tabela Periódica, à luz do referencial teórico já explicitado: o conceito bachelardiano de obstáculo epistemológico aos processos de mediação didática do conhecimento químico. Os procedimentos didáticos adotados pelo professor-regente serão agrupados de acordo com características que constituem entraves à aquisição do conhecimento científico, a saber: o descarte dos conhecimentos prévios dos alunos, a ênfase na memorização, os apegos aos aspectos realistas da aprendizagem e o pragmatismo na produção de resultados.

Os comentários apresentados são frutos das anotações e observações do autor das situações reais em sala de aula, durante seu estágio de Prática de Ensino.

#### **4.1 A APRESENTAÇÃO DA TABELA PERIÓDICA NAS AULAS INVESTIGADAS**

De acordo com o cronograma da Instituição de ensino onde o estágio foi realizado, assuntos relacionados à Tabela Periódica devem ser lecionados no primeiro bimestre do 1º ano do ensino médio. Ressalte-se que os alunos oriundos do ensino fundamental nessa Instituição têm o primeiro contato com a Química no 9º ano e, portanto, já ingressam no ensino médio com algum conhecimento químico.

Para efeitos desta pesquisa, expõe-se na sequência o recorte majoritário de uma única turma do primeiro ano do ensino médio, em que cada aula de Química tinha duração de dois tempos consecutivos de 50 minutos cada. Foram três as aulas reservadas pelo professor dedicadas à Tabela Periódica. Modelos atômicos, estrutura do átomo e distribuição eletrônica utilizando o diagrama de Linus Pauling foram conceitos previamente tratados em sala. Os comentários posteriores, no entanto, podem reunir elementos das demais turmas, para fins de esclarecimentos ou de firmar um ou outro contraponto.

As aulas foram totalmente expositivas, utilizando-se apenas de um pôster da Tabela Periódica afixado em sala desde a primeira das três aulas reservadas ao assunto. Não houve qualquer tentativa de contextualização histórica da Tabela Periódica, apresentada já no formato atual. As várias etapas do desenvolvimento do modelo não foram tratadas ou mesmo se recomendaram leituras adicionais a respeito. Partiu-se diretamente para a localização dos elementos e apresentação geral do *design*: linhas, colunas etc.

#### 4.1.1 PRIMEIRA AULA

<b>Primeira Aula (100 minutos)</b>
<b>Objetivo:</b> Apresentar a organização da Tabela Periódica aos alunos.
<b>Recursos utilizados:</b> Quadro negro e pôster da Tabela Periódica
<b>Estratégia didática:</b> Aula expositiva
<p><b>Conceitos trabalhados:</b></p> <p>O professor demonstrou que, além dos elementos estarem organizados em ordem crescente de número atômico, também podem ser realizadas outras categorizações. A seguir, as classificações apresentadas, juntamente com as propriedades relacionadas a cada uma, exatamente como foram tratadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Elementos representativos e de transição:</b> nenhum conceito ou propriedade foi relacionado a essa divisão;</li> <li>• <b>Metais:</b> possuem brilho, alto ponto de fusão, conduzem calor e eletricidade e são maleáveis;</li> <li>• <b>Ametais:</b> são opacos e maus condutores de calor;</li> <li>• <b>Gases nobres:</b> elementos estáveis;</li> <li>• <b>Grupos (ou famílias):</b> colunas verticais, contém elementos com propriedades químicas semelhantes;</li> <li>• <b>Períodos:</b> linhas horizontais, representam o número de camadas eletrônicas do átomo.</li> </ul>

**Comentários:**

- Os alunos dispõem de livro didático fornecido pela própria Instituição de ensino no início do ano letivo. Seu uso nas aulas de Tabela Periódica, entretanto, foi limitado e os alunos só o utilizavam para acompanhar visualmente as informações que o professor apresentava na Tabela Periódica exposta no pôster na frente da sala;
- Nenhum outro recurso didático foi utilizado;
- Não houve exercícios ou indicação de tarefas de casa.

**4.1.2 SEGUNDA AULA**

<b>Segunda Aula (100 minutos)</b>
<b>Objetivo:</b> Investigar as propriedades periódicas
<b>Recursos utilizados:</b> Quadro negro e pôster da Tabela Periódica
<b>Estratégia didática:</b> Aula expositiva
<b>Conceitos trabalhados:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Definição e discussão sobre <b>raio atômico</b>;</li><li>• Relação entre <b>raio atômico</b> e <b>período</b> e, posteriormente, entre <b>raio atômico</b> e <b>número atômico</b>;</li><li>• Definição de <b>potencial de ionização</b> e <b>eletroafinidade</b>.</li></ul>
<b>Comentários:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• A maior parte do tempo da segunda aula foi dedicada para a definição e discussão do raio atômico. A explicação foi dada sempre recorrendo à Tabela Periódica exibida no pôster;</li><li>• Não houve recorrência ao livro didático;</li><li>• Não houve indicação de trabalhos de casa ou pesquisas adicionais.</li></ul>

### 4.1.3 TERCERIA AULA

<b>Terceira Aula (100 minutos)</b>
<b>Recursos utilizados:</b> Pôster da Tabela Periódica
<b>Estratégia didática:</b> Aula dividida em duas parte: expositiva e exercícios
<b>Conceitos trabalhados:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Continuação de <b>propriedades periódicas;</b></li><li>• <b>Eletronegatividade, eletropositividade;</b></li><li>• <b>Densidade e ponto de fusão e ebulição.</b></li></ul>
<b>Comentários:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• As propriedades foram novamente apresentadas de forma esquemática e bem expositiva;</li><li>• Pouco reforço nas correlações estabelecidas;</li><li>• Na sequência da exposição, os alunos fizeram exercícios envolvendo a configuração da tabela e, principalmente, as propriedades periódicas estudadas;</li><li>• Não se utilizou o livro didático;</li><li>• Não houve recomendação posterior para trabalhos em casa ou aprofundamentos.</li></ul>

## 4.2 ANÁLISE DAS SITUAÇÕES VIVENCIADAS EM SALA

Todo e qualquer processo de construção do conhecimento é suscetível à interferência de obstáculos epistemológicos. A natureza do conhecimento escolar, diversa daqueles nascidos da experiência imediata do senso comum ou dos que se constroem na tradição popular, bem como dos conhecimentos de referência produzidos na Academia, exige do professor uma permanente acuidade conceitual, tanto em termos científicos como pedagógicos. E apesar de termos que levar em conta o aluno não ser uma “tábula rasa”, já que os processos cognitivos individuais são antecipados na intercorrência de outros fatores, é razoável afirmar que a maior

contribuição à formação intelectual do aluno recaia sobre o docente, responsável que é pela insubstituível tarefa de mediar didaticamente os conhecimentos adquiridos em sala de aula. Do professor espera-se, portanto, redobrada atenção em identificar potenciais fontes de conflitos cognitivos de seus alunos, mais ainda se se considera que é na Escola que ocorrem os primeiros contatos formais com a Ciência.

Foi possível agrupar, a partir das situações investigadas nesta monografia, um conjunto de atitudes didáticas que se constituem em fontes de obstáculos à aprendizagem científica dos alunos, conforme tratadas a seguir.

#### **4.2.1 DESCONSIDERAÇÃO DO CONHECIMENTO PRÉVIO DO ALUNO**

É justamente ao não se levarem em conta as concepções prévias dos alunos, mormente em um mundo em que a informação científica se difunde com enorme velocidade, sem qualquer possibilidade objetiva de controlar sua qualidade, que localizamos um dos mais importantes obstáculos à aprendizagem científica na Instituição investigada: considerar que o aluno é uma “tábula rasa” e que a aprendizagem se dá simplesmente pelo depósito de informações sobre ele, desprezando o processo do conhecimento como construção sofisticada e necessariamente conflitiva.

Segundo a filosofia bachelardiana, a construção do conhecimento consiste sempre em conhecer **contra** aquilo que já se conhece, ao receber uma nova informação, acomodá-la dentro de suas verdades anteriores, superar erros e assim sucessivamente. Portanto, quando o professor não tem a sensibilidade de reconhecer a bagagem que seus alunos já trazem consigo, é risco potencial o bloqueio do processo de ensino-aprendizagem. Vale ressaltar que, nesse contexto, a acuidade perceptiva do docente deve ser uma importante aliada, possibilitando-lhe interpretar os sinais que a turma dá, reconhecer o que há de subentendido por trás de uma dúvida ou expressão gestual e antecipar-se aos obstáculos no momento em que se vão consolidando.

Não se observou, nas aulas investigadas, preocupação objetiva em identificar o que o aluno já trazia consigo sobre a Tabela Periódica. A lacuna provoca justificada

perplexidade, já que a imagem da Tabela Periódica é conhecida fora da sala de aula e, por isso, mesmo sem nunca haver estudado seu *design* e suas propriedades, é muito provável que a maioria dos alunos já houvesse tido algum tipo de contato com ela – ainda que somente visual – antes de sua apresentação formal pelo professor. Nesse tipo de cognição, está-se diante de um conhecimento de senso comum sobre o significado da Tabela Periódica. De antemão, está caracterizado o que Bachelard chama de “obstáculo a partir da primeira experiência”: os alunos já possuem uma concepção prévia a respeito da Tabela; eles reconhecem seu formato, mas não sabem o porquê de ser assim; identificam as letras, mas não as associam a elementos químicos; em caso mais extremo, desenvolvem contra ela uma ideia de complexidade inacessível, reproduzindo o que a própria sociedade infunde à Química. Portanto, é necessário que tal “complexidade intransponível” seja ressignificada na Escola, sem contudo deformá-la. Esta é a função precípua do docente.

#### **4.2.2 A MEMORIZAÇÃO NÃO-REFLEXIVA**

Um dos obstáculos ao qual o docente deve estar atento refere-se aos processos de memorização dos alunos. É óbvio que algum tipo de memorização não é apenas inevitável como também importante no trabalho de elaboração intelectual, de modo que intervenção do professor deve ser no sentido de evitar distorções, que se podem revelar como drásticos impedimentos à aprendizagem científica. A vigilância contra tais distorções implica desenvolver práticas pedagógicas que provoquem a reflexão ou que questionem aquilo já sedimentado como simples registro de memória, sem qualquer consistência.

No curso das aulas, as três turmas de um modo geral causaram impressões semelhantes: os alunos não mostraram grandes dificuldades ao serem introduzidos à Tabela Periódica e suas divisões. Foi notável, entretanto, que a grande maioria recebesse as novas informações e as memorizasse sem, de fato, demonstrar real entendimento do porquê dessa organização em grupos, períodos e blocos. Por outro lado, não houve por parte do professor-regente a elaboração de questões ou problemas frente aos quais a memorização pura e simples de esquemas se revelasse

insuficiente. O docente não provocou qualquer tipo de desequilíbrio cognitivo que exigisse uma reelaboração conceitual dos alunos.

O professor tem diante de si a possibilidade de lançar mão de recursos didáticos que auxiliem o desenvolvimento de estruturas de pensamento mais complexas, que estimulem a reflexão por parte dos seus alunos. Dentre esses, são diversos os trabalhos, alguns dos quais já aqui citados, que defendem o uso da História e da Filosofia da Ciência como coadjuvantes no processo de construção do conhecimento científico<sup>66</sup>. De fato, apesar de os alunos já terem tido contato com a estrutura do átomo, a ausência de uma discussão mais referenciada que escapasse à mera definição pode estar no cerne da dificuldade de os alunos assimilarem a noção de elemento químico como espécie com qualidades e propriedades específicas. Se se reconhece que a abordagem qualitativa está na raiz dos intrincados debates conceituais historicamente situados sobre elemento químico, há que se admitir a possibilidade de que, historicamente referenciadas, as discussões ganhassem robustez em aula. Trata-se de uma situação que retrata exatamente o problema destacado por Lopes: ao ensinar somente o resultado pronto, alijado do processo histórico que o acolheu, extraímos o conceito dos problemas e, destes, a questões que foram ali originadas. Assim, na ausência de referências mais plausíveis, os alunos tendem a interpretar como arbitrárias as divisões em famílias e grupos na Tabela Periódica, acabando por recorrerem à memorização<sup>67</sup>.

---

<sup>66</sup> Em ordem cronológica, ampliando algumas referências já citadas: BIZZO, Nelio M. V. História da Ciência e ensino: onde terminam os paralelos possíveis? Brasília: *Em Aberto*, ano 11, nº 55, jul./set. 1992, p. 29-35; SILVEIRA, Fernando L. A Filosofia da Ciência e o ensino de Ciências. Brasília: *Em Aberto*, ano 11, nº 55, jul./set. 1992, p. 36-41; MATTHEWS, M.R. Historia, Filosofia y enseñanza de las Ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de Las Ciencias*, 12(2), 1994, p. 256; BARRA, Eduardo S. O. A realidade do mundo da Ciência: um desafio para a História, a Filosofia e a Educação científica. *Ciência & Educação*, 5(1), 1998, 15-26; VILLANI, Alberto. Filosofia da Ciência e ensino de Ciência: uma analogia. *Ciência & Educação*, 7(2), 1998, 169-182; TORRES, Adriana P. G.; BADILLO, Romulo G. Historia, epistemología y didáctica de las ciencias: unas relaciones necesarias. *Ciência & Educação*, 13(1), 2007, 85-98; GONZÁLEZ, Johanna P. C.; GATICA, Mario Q. Resolución de problemas científicos desde la Historia de la Ciencia. Retos y desafíos para promover competencias cognitivas lingüísticas en la Química escolar. *Ciência & Educação*, 14(2), 2008, 197-212; PICCOLI, Flavia. *A História da Química pode ajudar os alunos a atribuir sentido para a Tabela Periódica?* Monografia Final de Curso de Licenciatura em Química. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011; MEHLECKE, Clarissa M.; EICHLER, Marcelo L.; SALGADO, Tania D. M.; DEL PINO, José C. A abordagem histórica acerca da produção e da recepção da Tabela Periódica em livros didáticos brasileiros para o ensino médio. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 11(3), p. 521-545, 2012.

<sup>67</sup> LOPES, A.R.C. Conhecimento escolar em Química - Processo de mediação didática da ciência. São Paulo: *Química Nova*, 20 (5), 1997, p. 564.

A história da ciência assume, então, papel preponderante no trabalho pedagógico de construção racional, combatendo um ensino centrado no que Bachelard denomina “empirismo da memória”: retemos os fatos, mas esquecemos (porque não aprendemos) as razões. Pretender ensinar pelo ato de mostrar *como* as coisas são, colocando os alunos diante de *dados*, e não de *raciocínios*, implica, necessariamente, nessa memorização compulsória e, a bem dizer, inútil. Fatos isolados não compõem um saber<sup>68</sup>.

Na turma investigada, os alunos se mostraram interessados no modo como o professor fez a distribuição eletrônica de alguns elementos utilizando a Tabela Periódica, “ao invés do diagrama de Pauling”. De fato, nem todos compreenderam com facilidade que o período indica o número de níveis energéticos que o átomo possui, e que a Tabela poderia ser dividida em blocos chamados de *s*, *p*, *d* e *f* e que estes identificam o subnível mais energético de dado elemento. Entretanto, os alunos que conseguiram interpretá-la como uma indicação, ainda que indireta, de como é constituída a eletrosfera do átomo, mostraram-se satisfeitos e favoráveis a utilizar esse método ao invés de decorarem o diagrama.

#### 4.2.3 OS LIMITES DO REALISMO E A AVERSÃO À ABSTRAÇÃO

Na segunda aula, os alunos não mostraram grandes problemas para compreender a definição do raio atômico. Mesmo após diversas explicações e exemplos, entretanto, vários não conseguiram, sozinhos, comparar o raio de dois elementos distintos utilizando somente a Tabela Periódica. Foi necessário, nesses casos, que o professor desenhasse esquemas no quadro representando o núcleo e a eletrosfera dos elementos em questão.

Ora, o que fez com que alguns alunos tivessem êxito ao relacionar períodos e níveis energéticos enquanto outros apresentaram dificuldades? Conseguir associar uma linha da Tabela com a quantidade de camadas eletrônicas que um átomo daquele elemento particular possui consiste em uma atividade que exige,

---

<sup>68</sup> LOPES, Alice R C. Contribuições de Gaston Bachelard ao ensino de Ciências. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (3), 1993, p. 324-330. A citação ao “empirismo da memória” se encontra em: BACHELARD, Gaston. *A Epistemologia*. Lisboa: Edições 70, 2006, p. 35.

inexoravelmente, um exercício de abstração. Realizar essa tarefa significa utilizar uma informação que se apresenta aos olhos, para alcançar informações sobre a estrutura atômica em uma realidade abstrata, totalmente distante da captada pelos sentidos.

Bachelard é preciso ao afirmar em sua obra *A Formação do Espírito Científico* que a ausência de estímulos sobre o desenvolvimento das estruturas de abstração no aluno constitui um grave obstáculo epistemológico à aprendizagem científica. O filósofo caracteriza inclusive a evolução do espírito científico em função de três estados de abstração: o *estado concreto*, onde o indivíduo se prende às imagens e fenômenos mais reais; o *estado concreto-abstrato*, quando o espírito científico escapa de um real concreto, mas só se sente seguro de sua abstração quando esta estiver de alguma forma associada a uma intuição sensível; e, por último, o *estado abstrato*, quando há o desapego de experiências primeiras e, mais do que isso, a abstração que chega até a polemizar com essa primeira realidade<sup>69</sup>. Da mesma maneira que o da experiência primeira, a superação desse novo obstáculo também fica, em grande parte, a cargo das escolhas pedagógicas feitas pelo docente, pois, segundo Lopes:

Esse apego aos caminhos insípidos da memória coexiste, lado a lado, com o envolvimento no concreto: a abstração racional é constantemente afastada. Bloqueiam-se os vãos da mente, atando-a ao chão, à primeira observação, àquilo que é percebido pelos sentidos, distante do que se pensa. É a ciência apresentada aos olhos e às mãos, mas não à mente: a experiência é encarada como verificação, ilustração, tal qual a experiência comum<sup>70</sup>.

O raio atômico é uma das propriedades periódicas mais importantes, visto que é a partir dele que podemos analisar várias outras propriedades. Como a maioria dos alunos não dominava ainda totalmente esse conceito, a segunda parte da segunda aula acabou se tornando completamente expositiva e praticamente não

---

<sup>69</sup> BACHELARD, Gaston. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2005, p. 11.

<sup>70</sup> LOPES, Alice R C. Contribuições de Gaston Bachelard ao ensino de Ciências, op. cit., p. 328.

houve qualquer interação entre alunos e professor, no sentido de indagação ou reflexão acerca da eletroafinidade e potencial de ionização. Muitos alunos pareciam ter dificuldade em visualizar como se organizava a eletrosfera em torno do núcleo; poucos associam o efeito da carga nuclear no tamanho do raio do átomo, o que conseqüentemente originou falhas no entendimento de propriedades como afinidade eletrônica e potencial de ionização. Nesse momento, foi perceptível que a maioria dos alunos sequer entendia que a palavra *potencial* tinha significado de energia, indicando que até mesmo a definição do conceito não ficou clara. Pode-se perceber ainda a existência de um problema de dificuldade de abstração: os mesmos alunos que conseguiam resolver problemas de distribuição eletrônica não eram capazes de *visualizar* esses elétrons em torno do núcleo.

Muitas vezes, a capacidade de abstrair é suprimida pelo uso excessivo de metáforas e analogias, técnicas normalmente utilizadas para aproximar o conhecimento científico da familiaridade do aluno, como já foi tratado anteriormente nesta monografia. Isso não significa que o seu uso deve ser abolido, mas necessita ser cuidadosamente avaliado. Metáforas existem como forma de expressão de conceitos inicialmente construídos a partir de uma linguagem formal, de difícil acesso ao aluno, mas são o terreno fértil para associações diretas entre o contexto científico e o da vida cotidiana, representando um obstáculo importante, já que não destacam o corte epistêmico entre aqueles contextos.

#### **4.2.4 O PRAGMATISMO DE RESULTADOS**

Na primeira metade da terceira aula, o professor encerrou as propriedades periódicas restantes e, antes de aplicar os exercícios, resumiu-as, utilizando-se de esquemas que representavam como variam tais propriedades ao longo dos períodos e níveis de energia: o diagrama de setas (Figura 5). Ao utilizar estes esquemas, ao mesmo tempo em que a simplificação das propriedades periódicas em torno de uma imagem caracteriza o *obstáculo verbal*, a generalização de uma tendência e, conseqüentemente, a conversão dela em uma “regra de funcionamento” define o que Bachelard chama de *obstáculo do conhecimento geral*.

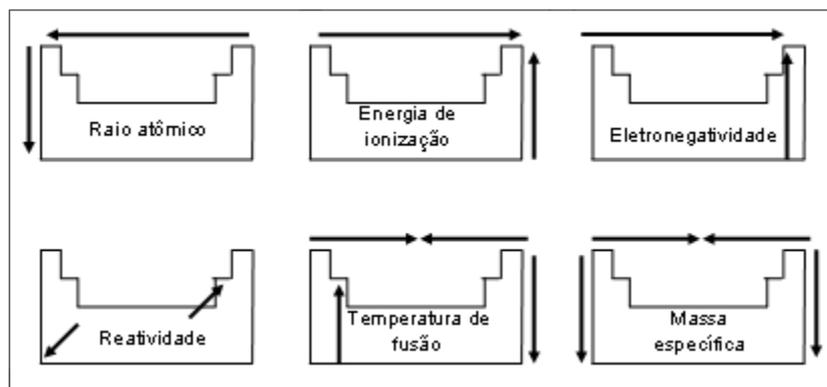


Figura 5 – Diagrama de setas – propriedades periódicas

Assim que o professor terminou de desenhar o diagrama, a reação dos alunos foi igual em todas as outras salas, além daquela em que a investigação ocorreu: ao perceber que bastava decorar o esquema de setas para identificar como é a variação de uma propriedade periódica, a maioria indagou ao professor, com evidente alívio e até certa indignação, sobre a necessidade de estudar durante duas aulas “algo que poderia ser explicado em 2 minutos”. “Se tivesse dado as setas antes, vocês não teriam prestado atenção no resto”, respondeu o professor aos alunos.

A “cobrança” dos alunos (e a própria “economia” na resposta do docente) revela o terreno fértil de um tipo de obstáculo marcado pela expectativa utilitária que eles têm em relação à finalidade do conhecimento, estimulados pela própria redução do pensar a esquemas de indução de respostas. Contra isto, Bachelard é enfático:

A própria utilidade fornece uma espécie de indução muito especial que poderia ser chamada de indução utilitária. Ela leva a generalizações exageradas. Pode-se então partir de um fato verificado, pode-se até encontrar-lhe uma extensão feliz. Mas o impulso utilitário levará, quase infalivelmente, longe demais. Todo pragmatismo, pelo simples fato de ser um pensamento mutilado, acaba exagerando<sup>71</sup>.

<sup>71</sup> BACHELARD, Gaston. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*, op. cit., p. 113-114.

O modo como as setas simplificam o estudo das propriedades periódicas nem sempre deixa claro para o aluno que o esquema se trata de uma tendência, e não de uma verdade absoluta. Tal conclusão ficou clara após as observações em sala de aula, onde o principal recurso utilizado pelos alunos para a resolução de problemas foi o uso desses esquemas, em detrimento do raciocínio a partir do raio atômico. De fato, a utilização dessa simplificação como forma de prática didática produz barreiras no processo de construção do conhecimento.

Durante a segunda parte da terceira aula, dedicada à resolução dos exercícios, o professor deixou que os alunos tentassem resolvê-los sozinhos ou em grupos. É importante ressaltar que a maioria dos alunos recorreu ao uso das setas para responder às questões, sem serem questionados pelo professor.

É inegável que os diagramas das setas facilitam a resolução de exercícios, mas deve-se tomar cuidado, pois esse é um artifício que pode mascarar a falta ou a inconsistência da aprendizagem dos conceitos químicos. Decorar que o raio atômico aumenta da direita para a esquerda e de cima para baixo não significa compreender que o número de camadas e a carga nuclear influenciam no tamanho do átomo, com todos os condicionantes (blindagem, carga nuclear, interações coulombianas núcleo-elétrons). Este é um exemplo de como algumas práticas pedagógicas de memorização e redução da complexidade cognitiva a esquemas (o que, de alguma forma, guardaria certa correspondência ao recurso das analogias criticadas por Bachelard) podem-se caracterizar como verdadeiros obstáculos epistemológicos. Mesmo os alunos que demonstraram dificuldades em compreender e operacionalizar a Tabela Periódica originalmente, ao analisarem o raio atômico de dois elementos diferentes, foram capazes de responder corretamente a algumas questões após terem assimilado os esquemas de setas. A qualidade na formulação dos exercícios, cuja resposta não ensejava qualquer tipo de articulação cognitiva para além da mera comparação, certamente contribuiu para a associação pragmática com os recursos do diagrama de setas. Está-se, portanto, diante de um quadro de evidente relapso pedagógico, em que uma boa possibilidade didática de retomada de um processo cognitivo ainda incompleto foi desprezada, preferindo-se o contentamento com a “resposta certa”.

### 4.3 ALGUMAS RECOMENDAÇÕES DE ABORDAGEM

Defendemos que o tratamento da Tabela Periódica e suas propriedades periódicas em sala de aula possa ser organizado levando-se em conta dois pilares, em torno dos quais as estratégias didáticas se complementam:

1. **A contextualização histórica da Tabela Periódica:** a necessidade de organizar os elementos químicos em um dispositivo prático, coerente e capaz de reunir informações relevantes sobre as propriedades desse elemento, e a evolução histórica das diversas tentativas. Dessa maneira, o aluno será capaz de tomar conhecimento do processo de construção da Tabela Periódica como a conhecemos hoje. Uma vez que ele tiver consciência dos obstáculos que tiveram de ser superados, perceberá também que a Tabela Periódica não se trata de uma organização simplória dos elementos, mas sim, de uma ferramenta poderosa que leva em consideração as propriedades e características de cada um.
2. **A explicação detalhada do raio atômico e sua periodicidade na Tabela Periódica:** propriedade fundamental, em função da qual é possível derivar outras propriedades. Muito além de um mero procedimento lógico-dedutivo, ao qual o aluno poderia aderir impensada e mecanicamente, é fundamental que se assinale a importância das interações núcleo-eletrosfera como determinantes dessa propriedade. Dessa forma, ao associar as propriedades periódicas a interações reais existentes no átomo, permitindo ao aluno comparar, inferir e, conseqüentemente, se pronunciar sobre suas variações, estimula-se o pensamento racional, em detrimento da memorização. Demanda-se, portanto, forte estímulo às capacidades de abstração por parte dos alunos, algo que não se inicia somente a partir da abordagem da Tabela Periódica: é processo permanente, que deverá fazer parte de uma construção cognitiva mais ampliada, envolvendo não apenas a Química, mas as demais disciplinas escolares.

Durante as três aulas dedicadas a esse assunto, o professor-regente utilizou um pôster da Tabela Periódica pendurado ao quadro negro e pediu para que os alunos acompanhassem as discussões com os esquemas e gravuras do livro didático. Como boa estratégia de ensino, uma alternativa interessante que poderia estimular e envolver o aluno na aula seria distribuir-lhe uma versão simplificada em preto e branco da Tabela. Assim, no decorrer das explicações, cada um poderia, em sua própria Tabela e idiossincraticamente, indicar, nomear e colorir de acordo com o processamento intelectual das informações que recebem, ajustando-a à sua própria razão cognitiva: metais e ametais, nomes dos grupos, propriedades relevantes, blocos *s*, *p*, *d*, *f*, etc. O aluno poderá então manter sua própria versão ao longo do ano, nela acrescentando informações adicionais (por exemplo: assinalando os elementos que tipicamente formam anidridos, óxidos anfóteros, bases solúveis, etc., ao estudarem as funções inorgânicas). Além de um recurso didático centrado no estímulo ao seu desenvolvimento intelectual, privilegiando a condução de um processo cognitivo personalizado, ganhará relevo o fato de que a Tabela é, ao final, exatamente um dispositivo em movimento, sofisticado, necessariamente incompleto, cujo refinamento depende exatamente da dinâmica do conhecimento científico: eis o sentido histórico que dela não se pode afastar.

## **CAPÍTULO 5**

### **CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

Neste capítulo final, retomaremos os objetivos do trabalho e a hipótese inicial, considerando haver elementos suficientemente investigados e teoricamente embasados para sustentá-la: a possibilidade de o docente converter-se ele mesmo em obstáculo epistemológico à aprendizagem da Ciência química. As reflexões que daqui se retirarem poderão servir de contribuição crítica às atividades de Prática de Ensino, que devem fornecer ao licenciando não apenas os instrumentos teórico-conceituais para subsidiar suas escolhas pedagógicas, como também fomentar-lhe o espírito investigador, ampliando o domínio da Didática como Ciência que se deve consolidar para muito além dos limites das técnicas.

#### **5.1 RETOMANDO A HIPÓTESE DE TRABALHO**

A Tabela Periódica é sem dúvida uma poderosa ferramenta ao aprendizado da Ciência química. Para que esse potencial possa ser plenamente explorado, é necessário, no entanto, o firme conhecimento acerca de sua organização, simbologia e, por que não, de sua História?

No capítulo anterior, foram descritas as situações observadas em sala de aula que poderíamos indicar como propícias ao surgimento ou que, de fato, se configuraram como verdadeiros obstáculos epistemológicos. Trataremos agora daqueles que se relacionam diretamente à atuação do docente em sala de aula, retomando, assim, nossa hipótese inicial: a de que o professor pode-se constituir em verdadeiro obstáculo epistemológico, em função da resistência a mudanças e das crenças herdadas desde sua formação profissional, cujos reflexos modulam sua prática pedagógica.

### 5.1.1 A MEDIAÇÃO DIDÁTICA DO CONHECIMENTO QUÍMICO EM MEIO A OBSTÁCULOS

Uma síntese de problemas recorrentes identificados nas observações do professor-regente durante o estágio de Prática de Ensino, particularmente nas aulas sobre Tabela Periódica, aponta: ênfase em memorização; certa banalização conceitual em torno de conceitos-chave; ausência de problematização, atinência aos aspectos realistas representacionais da Tabela Periódica, em detrimento de associações que pudessem estimular o pensamento abstrato (relações entre representação e propriedades microscópicas da matéria). De fato, ao assumirmos, assim como Dallacosta o fez, que uma das dificuldades de aprendizagem dos conceitos envolvidos na Tabela Periódica está associada à sua natureza abstrata, entendemos que as aulas deveriam ter como objetivo promover nos alunos o nível de abstração necessária para compreendê-la<sup>72</sup>. A mediação do conhecimento é responsabilidade do professor; é ele o agente do processo ensino-aprendizagem incumbido de estabelecer o sentido de dialogia necessário à constituição do caminho entre o realismo comum e o realismo científico.

Com efeito, a primeira decisão a ser tomada pelo docente é a estratégia pedagógica a ser utilizada durante as aulas. Nesse ponto, deve-se considerar quais serão os conceitos abordados, os recursos utilizados e o número de aulas destinadas ao assunto. Essas escolhas devem ser feitas de maneira cuidadosa e, mais do que considerar apenas o objetivo que se deseja atingir, o docente deve prever o caminho pedagógico a trilhar e refletir sobre os obstáculos que estarão presentes nesse processo. Ora, se os obstáculos epistemológicos são intrínsecos ao processo de aprendizagem, há de se concluir que é imprescindível ao docente reconhecê-los para, então, minimizá-los.

Há nos relatos um claro subaproveitamento das potencialidades oferecidas à abordagem da Tabela Periódica: o uso exclusivo de um “cartaz”, quando é de fácil alcance a posse das suas versões mais atualizadas; a ausência de qualquer referência às novas inclusões de elementos recentemente descobertos; a utilização precária do

---

<sup>72</sup> DALLACOSTA, Adriana; FERNANDES, Anita M. R.; BASTOS, Rogério C. Desenvolvimento de um software educacional para o ensino de Química relativo à tabela periódica In: *IV Congresso RIBIE - Rede Iberoamericana de Informática Educativa*, Brasília, 1998.

livro didático, salvo em um ou outro exercício; nenhuma tarefa adicional (trabalho de casa, por exemplo), solicitando pesquisas sobre elementos químicos ou mesmo isótopos, algo importante considerando-se a própria etimologia da palavra (*iso* = mesmo; *topos* = posicionamento na Tabela). Apesar da enorme quantidade de referências e ofertas de materiais didáticos aplicados ao ensino da Tabela Periódica na *Internet*, como jogos e outros *softwares* educacionais, algumas das quais apresentadas no Capítulo 3 desta monografia, não se observou qualquer utilização desses ou de outros recursos do gênero. Enfoques baseados na História e Filosofia da Ciência, tão propícios tratando-se a Tabela Periódica de uma construção viva ao longo de um percurso histórico cientificamente rico de detalhes e tensões, não se consumaram.

Ao restringir a Tabela periódica ao seu formato mais atual, pode-se ganhar em funcionalidade, mas perde-se consideravelmente em cognição, pois se está abandonando aspectos relevantes de sua História, com evidente prejuízo pedagógico. Negligenciar o modo como a Tabela Periódica foi construída não impacta os alunos somente pelo fato destes serem privados das reflexões acerca do átomo, ou da lógica da organização dos elementos tal como a conhecemos hoje. Conhecer o processo histórico desenvolve vários aspectos positivos no processo de mediação da aprendizagem, alguns diretamente ligados à noção de recorrência histórica que, na visão de Bachelard, é essencial para que se compreenda o caminho da Ciência e, conseqüentemente, o seu papel no presente. Dentre tais aspectos, destacam-se:

- a) O entendimento dos alunos sobre os conflitos, as tensões e os embates intelectuais que tiveram que ser superados ao longo das várias configurações da Tabela Periódica, retirando do processo científico qualquer pretensão de neutralidade;
- b) As correções de rumo no sistema de organização dos elementos químicos (mudança do critério de massa atômica para o de número atômico em sua ordenação), possibilitando a consulta a informações teoricamente

consistentes sobre suas propriedades e, conseqüentemente, a atribuição de um significado científico à Tabela Periódica;

- c) A superação das concepções que o aluno traz para a sala de aula sobre a imagem da Tabela, cujo *design* coerente revela significado científico preponderante.

Ainda que dispondo de poucos recursos, o docente pode estimular a capacidade de abstração dos alunos, apelando àquilo que Bachelard evoca como uma base afetiva atribuída aos três estados de abstração presentes na evolução do de espírito científico<sup>73</sup>. Uma das principais funções do docente é estabelecer essa base, promovendo o tempo necessário para que seus espíritos evoluam do estado concreto ao abstrato por meio de uma espécie de “paciência científica”, ao invés de uma paciência que se traduza em sacrifícios. Neste quesito, não se pode afirmar que as aulas houvessem sido motivadoras. Nos primeiros momentos, os alunos se mostravam concentrados e interessados. A partir da segunda aula, entretanto, quando os alunos começaram a se perder nos conceitos de raio atômico, a dinâmica da aula passou a ser mais expositiva, contribuindo para um visível desinteresse generalizado, com os alunos limitando-se a apenas anotar as novas informações no caderno.

Ao final das três aulas, seria esperado que os alunos fossem capazes de retirar da Tabela Periódica informações relevantes, através das quais pudessem desenvolver um conhecimento químico elaborado. Tal processo de maturação significa, na verdade, o próprio desenvolvimento de estruturas cognitivas de abstração. Os obstáculos aqui identificados são exatamente os que concorrem para que os alunos percebam a Tabela Periódica como uma simples cartolina e, portanto, se detenham somente no seu aspecto realista e puramente funcional.

---

<sup>73</sup> A este respeito, ver: BACHELARD, Gaston. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2005, p. 11.

### 5.1.2 O DOCENTE COMO OBSTÁCULO EPISTEMOLÓGICO

Talvez a maior dificuldade a enfrentar na defesa de nossa hipótese de trabalho (ou seja, a de que o docente, ele mesmo, pode-se constituir em um verdadeiro obstáculo epistemológico à aprendizagem da Ciência química) seja a de antever algumas críticas, como as que apontem os problemas já aqui enumerados como simples exemplos de má postura didática. Há, inclusive, autores que consideram os “obstáculos didáticos” como variações dos obstáculos epistemológicos<sup>74</sup> e os que traçam uma diferença bem clara entre ambos os conceitos<sup>75</sup>. Desta perspectiva, nascida nas pesquisas em Educação matemática, estaríamos mais apropriadamente diante de obstáculos didáticos, e não de obstáculos epistemológicos, como definido por Bachelard ao delinear as bases daquilo que chamou de “psicanálise do conhecimento científico”. Qual é a diferença, contudo, entre ambas as concepções? Responder a esta pergunta é fundamental para defendermos nossa hipótese inicial.

Para o filósofo, obstáculos epistemológicos estão arraigados na trajetória histórica de um conceito científico, inseparavelmente atrelados à sua evolução e, portanto, aos conflitos e às rupturas por que irremediavelmente passa a sua elaboração. A não-linearidade da construção dos conceitos científicos em relação às etapas pré-científicas (as que constituem o senso comum trazido pelos alunos à sala de aula, contra o qual a aprendizagem científica deve lutar) está no cerne das argumentações bachelardianas. Por outro lado, o próprio Bachelard admite “a maravilhosa regularidade” presente no desenvolvimento da Matemática, “conhecendo períodos de parada, mas não etapas de erros ou rupturas que destruíssem o saber estabelecido anteriormente”<sup>76</sup>. Os obstáculos didáticos estariam localizados muito mais na formalização das representações dos conceitos matemáticos, algo que se dá, no ensino, quando de suas mediações em sala de aula ou em textos didáticos. Os de natureza epistemológica, também existentes, se

---

<sup>74</sup> Ver a respeito: GOMES, Maristela G. Obstáculos epistemológicos, obstáculos didáticos e o conhecimento matemático nos cursos de formação de professores das séries iniciais do ensino fundamental. Itajaí: *Contrapontos*, ano 2, n. 6, set/dez 2002, p. 369.

<sup>75</sup> “Obstáculos epistemológicos e didáticos”. In: PAIS, Luiz C. *Didática da Matemática: uma análise da influência francesa* (2ª. Ed). Belo Horizonte: Autêntica, 2002, p. 40-45.

<sup>76</sup> Citado por: PAIS, Luiz C. *Didática da Matemática: uma análise da influência francesa*, op. cit., p. 41

dariam mais na fase de produção de uma demonstração do que na de seu registro formal através de um texto. Eis por que a Educação matemática não apenas define como dedica sua maior (mas não exclusiva) atenção aos obstáculos didáticos<sup>77</sup>.

Defendemos, assim, tratar os obstáculos ao aprendizado da Ciência química, mesmo aqueles típicos da sala de aula, como de natureza epistemológica, dada a impossibilidade de separar uma crítica forte a eles dirigidas da própria natureza da Ciência química e de seu percurso histórico, dentro do qual as rupturas se tornam condição do aprendizado científico.

Oliveira é bastante contundente ao destacar que

Quando os educadores debatem os fracassos da aprendizagem científica, preocupam-se fundamentalmente com as questões referentes ao como ensinar ciência [**viés didático**], deixando de lado a discussão acerca da [**natureza da**] própria ciência que ensina [**viés epistemológico**]. Assim, os métodos – os quais são invariavelmente consequências – acabam por constituir o centro da problemática pedagógica: se um conteúdo não é compreendido é porque os meios pelos quais foi vinculado são falhos”. [**inclusões nossas**]

Se o docente das áreas científicas, por não ter consciência ou ser negligente em relação à constituição própria da disciplina que ensina, reduz as dificuldades de seu trabalho às deficiências de seu “método didático”, será levado a supor que os obstáculos à aprendizagem se confundem com os aspectos formais de sua ação, ainda que aspectos formais tenham relevância nos processos de ensino-aprendizagem. A limitação da complexidade do processo pedagógico às questões de método poderá, por sua vez, valorizar os seus aspectos pragmáticos, como o observado em nossa análise particular das práticas aqui descritas, vivenciadas durante o estágio, em que os resultados constituem-se em um fim em si mesmos, distanciados dos conflitos, rupturas e reverses dos processos históricos que foram afastados da discussão sobre a Tabela Periódica.

---

<sup>77</sup> OLIVEIRA, Renato J. Crítica ao verbalismo e ao experimentalismo no ensino de química e física. *Química Nova*, 15(1), 1992, p. 86.

A adoção de uma *pedagogia de resultados*, fruto de um pragmatismo que visa ao cumprimento das tarefas agendadas para o curso, está, ao nosso ver, nas raízes das questões instigadas nesta monografia. A acomodação, pelos alunos, aos processos de memorização que facilitam o acesso à resolução de um problema não está dissociada de um certo estímulo, tanto de ordem social – os esquemas produtivistas de valorização de resultados nas sociedades contemporâneas –, como também de ordem pedagógica, não inseparável daquela, na medida em que esses esquemas de assimilação podem-se remeter diretamente à ação docente, já que, durante uma aula:

[...] não apenas se transmite uma meta educativa: cotidianamente se põe em jogo de forma mais ou menos manifesta, mais ou menos velada, uma série de interações e intercâmbios por meio dos quais o docente, consciente ou inconscientemente, explícita ou implicitamente, verbal ou gestualmente, comunica sua própria escala de valores, seus preconceitos, seus compromissos éticos. Estes são captados pelo aluno, influenciando sua relação com a o objeto de estudos<sup>78</sup>.

O pragmatismo na produção de resultados tem outra consequência imediata, como a valorização gerencial do trabalho docente, naquilo que Fenstermacher e Soltis denominam “enfoque do executivo”. Para os autores, é possível identificar três tipologias docentes em função da concepção de ensino preponderante: a do executivo, que valoriza o gerenciamento racional das atividades pedagógicas, explicitadas a partir de metas e regras a cumprir; a do terapeuta, que leva em conta os aspectos emocionais na individualização do aluno, que explicariam as diferenças próprias de cada um, predispondo-o a algum tipo de aprendizagem em particular ou justificando suas dificuldades de aprendizagem; a do libertador, que postula que os processos de emancipação do aluno são consequência e condição para construção de práticas sociais e políticas transformadoras<sup>79</sup>. É, por conseguinte, na vertente executiva do trabalho docente que os autores localizam o esquematismo que postula, por exemplo, o gerenciamento do tempo, visando a cumprir todo o

---

<sup>78</sup> ZUNINI, Patricio. El docente como obstáculo epistemológico. Buenos Aires: *Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales*, 4(9), 2007, p. 30.

<sup>79</sup> FENSTERMACHER, Gary; SOLTIS, Jonas. *Enfoques de la enseñanza* (3ª. Ed.). Buenos Aires: Aimorrortu, 1998.

programa da disciplina. Não temos dúvidas em afirmar que a obediência ao planejamento incondicional de tarefas agendadas no planejamento educacional da disciplina está no cerne das preocupações dos professores com quem mantivemos relação durante a Prática de Ensino, em especial se levamos em conta a obediência à disciplina e hierarquia inerente às Instituições militares, como o é a escola em que atuamos.

A resistência a mudanças e, como consequência, o apego a posturas pragmáticas e reducionistas é um dos elementos mais evidentes na constituição de entraves à aprendizagem. Assim, o docente, “que não consegue revisar sua posição frente ao ensino pode converter-se em fonte de transmissão de obstáculos epistemológicos aos alunos”, convertendo-se ele mesmo em um desses obstáculos<sup>80</sup>.

Por fim, chamamos a atenção ao fato de que, mais que particularizar uma crítica, localizando-a nos professores-regentes das turmas com que tivemos contato durante o estágio supervisionado de Prática de Ensino, nossa pesquisa se preocupa em definir um caráter latente da atividade professoral que se pode converter em obstáculos epistemológicos, dado o aspecto profundo e arraigado das tradições que se repetem no exercício da docência, ao que parece infensas a qualquer orientação ou ressalva contrária adquirida durante o processo de formação acadêmica. Eis por que defendemos que é à etapa de formação docente, ainda nos cursos de Licenciatura, que se devem voltar as pesquisas que se proponham localizar os embriões desses obstáculos epistemológicos futuros, tendo em vista o seu caráter longo e, por isso, capaz de entranhar-se nas aulas de Ciência, contribuindo para um óbice à sua compreensão.

## **5.2 CONCLUSÕES E ALGUMAS RECOMENDAÇÕES**

Se pudéssemos resumir o que são obstáculos epistemológicos, diríamos que são todos os entorpecimentos e confusões experimentadas durante o ato de conhecer – ou seja, durante um processo de aprendizagem. Em outras palavras, não há como “proteger” o conhecimento contra a intervenção desses obstáculos, em

---

<sup>80</sup> ZUNINI, Patricio. El docente como obstáculo epistemológico, op. cit., p. 28.

termos dos quais a aprendizagem científica deve ser colocada, para retomarmos Bachelard.

Obstáculos epistemológicos revelam forte componente psíquico, expresso no domínio do espírito conservador sobre o formativo. Isto significa que obstáculos se estabelecem na primazia do senso comum, desenvolvido em proximidade com o mundo cotidiano e as experiências primeiras. Como o senso comum é capaz de fornecer soluções e respostas satisfatórias aos desafios intelectuais, morais e materiais do homem, vai-se constituindo ali uma espécie de zona de conforto, espaço resistente a mudanças, em que se vão edificando todas as concepções prévias contra as quais o novo conhecimento deve ser confrontado. É, portanto, no enfrentamento – e não na acomodação – que se deve operar a aprendizagem do conhecimento científico, ou seja, em território de tensões, desconfortos, deslocamentos de crenças arraigadas, tarefa que, por demasiado complexa e extenuante, coloca o professor como agente (não único, mas) central no processo pedagógico.

Se é essencialmente impossível isolar o obstáculo epistemológico do próprio processo de conhecer, devem-se construir estruturas didáticas contundentemente eficazes no sentido de minimizar seus efeitos limitadores ou impeditivos à aprendizagem científica. Trata-se de função própria do docente, intransferível, de verdadeiro enfrentamento, que, uma vez negligenciada ou má conduzida, acaba por preservar o espaço das acomodações cognitivas no aluno, uma espécie de bom-mocismo em prol de uma pedagogia titubeante de valorização da experiência primeira, à qual ele recorrerá “com seus sonhos, suas paixões, suas imagens íntimas, estabelecendo relações anímicas com o objeto”<sup>81</sup>.

Ao consideramos a mediação didática do conhecimento científico como função precípua do docente, é fundamental localizar a gênese da resistência conservadora (que o coloca, ele mesmo, como obstáculo à aprendizagem científica), possivelmente nos processos de sua própria formação: um ponto de inflexão não enfrentado nos embates contra o senso comum do licenciando, acomodado que foi ao caldo de cultura escolar avesso a rupturas, que a própria universidade não conseguiu reverter.

---

<sup>81</sup> LOPES, Alice R C. Contribuições de Gaston Bachelard ao ensino de Ciências. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (3), 1993, p. 328.

Defendemos também que devem-se problematizar as estruturas pedagógicas e políticas que valorizam o pragmatismo obediente, em torno do qual as ementas – e não o conhecimento – se tornam um fim em si mesmas, deixando pouco espaço para a revisão, retificação ou mesmo a relocação de conteúdos e estratégias didáticas em uma grade já estabelecida. É no pragmatismo dos resultados que se podem entender a ênfase na memorização, a aversão ao minucioso e lento trabalho de desenvolvimento da abstração, os diagramas facilitadores da aprendizagem, como, no caso de nosso objeto de investigação, a “salvação” do diagrama de setas.

Entendemos que a disseminação de modismos pedagógicos, como aqueles que transferem ao cotidiano a finalidade da aprendizagem científica, vai de encontro ao que Bachelard preconiza com ênfase: as tentativas indistintas de facilitar a aprendizagem científica, em geral a partir de exercícios e práticas que visam a aproximá-la do mundo cotidiano, têm como consequência perversa a vã pretensão de retirar da Ciência uma inseparável complexidade e, conseqüentemente, um indisfarçável senso de dificuldade. Ao tentar facilitá-la, cede-se às banalizações mais vulgares, impedindo que o aluno a enfrente justamente nessa sua complexidade e dificuldade, contra o que o filósofo oferece ao mesmo tempo um diagnóstico e uma possível solução:

Se formos além dos programas escolares até as realidades psicológicas, compreenderemos que o ensino das ciências tem de ser todo revisto; que as sociedades modernas não parecem ter integrado a ciência na cultura geral. A desculpa dada é que a ciência é difícil e que as ciências se especializam. Mas, **quanto mais difícil é uma obra, mais educativa será**<sup>82</sup>. [grifo nosso]

Este trabalho é fruto de observações e participação crítica das aulas durante o estágio de Prática de Ensino. Não tem qualquer intenção, implícita ou explícita, de promover uma crítica pessoal aos professores que, gentilmente, receberam o estagiário e conduziram seus trabalhos nos limites da crença em suas responsabilidades pedagógicas. Trata-se, antes, de uma contribuição ao

---

<sup>82</sup> BACHELARD, Gaston. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*, op. cit., p. 309.

aprimoramento do trabalho docente, que deve ser constantemente submetido ao juízo crítico, sob pena de fechar-se em si mesmo. Desta premissa, sua contribuição, cremos, poderá ser a de indicar as possibilidades de desenvolvimento de pesquisas sobre as práticas docentes – as reais, no trabalho do professor-regente, e as potenciais, apreendidas no contato do licenciando com a Academia –. É deste confronto necessário à formação do futuro professor, terreno potencial ao surgimento dos obstáculos epistemológicos que ora investigamos, que devem emergir os instrumentos conceituais e práticos de superação desses entraves: no exercício real, no confronto, na busca da síntese e não na idealização das práticas distantes do mundo real. Afinal, mais que interpretar o mundo, urge, antes, transformá-lo<sup>83</sup>.

---

<sup>83</sup> Adaptado da 11ª tese contra Feuerbach, de Karl Marx. Ver a respeito: MARX, Karl; ENGELS, Friedrich. *A ideologia Alemã*. São Paulo: Martins Fontes, 2001, p. 99

## BIBLIOGRAFIA

- BACHELARD, Gaston. *A Epistemologia*. Lisboa: Edições 70, 2006.
- BACHELARD, Gaston. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2005.
- BACHELARD, Gaston. Conhecimento comum e conhecimento científico. São Paulo: *Tempo Brasileiro*, n. 28, jan-mar 1972, p. 47-56.
- BACHELARD, Gaston. *La actividad racionalista de la física contemporánea*. Buenos Aires: Siglo Veinte, [s.d.].
- BACHELARD, Gaston. *La Philosophie du Non*. Paris: PUF, 1983.
- BACHELARD, Gaston. *Le rationalisme appliqué*. Paris: PUF, 1975.
- BACHELARD, Gaston. *O racionalismo aplicado*. Rio de Janeiro: Zahar, 1977.
- BARRA, Eduardo S. O. A realidade do mundo da Ciência: um desafio para a História, a Filosofia e a Educação científica. *Ciência & Educação*, 5(1), 1998, p. 15-26.
- BENSAUDE-VINCENT, B.B. e STENGERS, I. *História da Química*. Lisboa: Editora Piaget, 1992.
- BIZZO, Nelio M. V. História da Ciência e ensino: onde terminam os paralelos possíveis? Brasília: *Em Aberto*, ano 11, nº 55, jul./set. 1992, p 29-35.
- BRANDÃO, Henry C. A. D. N. T. M. *Estudo sobre a aprendizagem lúdica da Tabela Periódica através do jogo Super Trunfo*. Monografia de Especialização, Modalidade de Ensino a Distância, Universidade Técnica Federal do Paraná, *Campus Medianeira*, 2014.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio (PCNEM)*. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.
- COSTA, Ana F. Ludo químico: uma alternativa didática para o ensino da Tabela Periódica. *Anais do IX CONGIC – Congresso de Iniciação Científica do IFRN*. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, *Campus Currais Novos*, RN, 2013.
- COSTA, António. *Sementes de ciência*. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2011.
- CULTURESCIENCES-CHIMIE. Em: <<http://culturesciences.chimie.ens.fr/content/la-classification-periodique-de-lavoisier-a-mendeleiev-1229>>, acesso em 13/05/2016.
- DALLACOSTA, Adriana; FERNANDES, Anita M. R.; BASTOS, Rogério C. Desenvolvimento de um software educacional para o ensino de Química relativo à tabela periódica In: *IV Congresso RIBIE – Rede Iberoamericana de Informática Educativa*, Brasília, 1998.

De LUCA, Anelise G; VIEIRA, Josué. A colher que desaparece: uma abordagem histórica da tabela periódica. Unijuí: 33º Encontro de Debates sobre o Ensino de Química – Movimentos Curriculares da Educação Química: o Permanente e o Transitório – EDEC n. 33, 2013.

DUIT, Reinders. On the role of analogies and metaphors in Learning Science. *Science Education*, New York, 75(6), 1991, p. 649-672.

ÉVORA, Fátima R. R. *Cad. Hist. Fil. Ci.* Campinas: Série 3, v. 17, n. 2, jul.- dez., 2007, p. 359-373.

FENSTERMACHER, Gary; SOLTIS, Jonas. *Enfoques de la enseñanza* (3ª. Ed.). Buenos Aires: Aimorrortu, 1998.

GODOI, Thiago A. F.; OLIVEIRA, Huender P. M.; CODOGNOTO, Lúcia. Tabela Periódica: um Super Trunfo para Alunos do Ensino Fundamental e Médio. *Química Nova na Escola*, 32(1), fev. 2010, p. 22-25.

GOMES, Maristela G. Obstáculos epistemológicos, obstáculos didáticos e o conhecimento matemático nos cursos de formação de professores das séries iniciais do ensino fundamental. Itajaí: *Contrapontos*, ano 2, n. 6, set/dez 2002, p. 369.

GONZÁLEZ, Johanna P. C.; GATICA, Mario Q. Resolución de problemas científicos desde la historia de la ciencia. Retos y desafíos para promover competencias cognitivo lingüísticas en la Química escolar. *Ciência & Educação*, 14(2), 2008, p. 197-212.

IGNÁCIO, Andréia Christina. *O RPG eletrônico no ensino de química: uma atividade lúdica aplicada ao conhecimento de tabela periódica*. Curitiba: UTFPR, 2013. 80 f. Dissertação de Mestrado em Formação Científica, Educacional e Tecnológica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

IGNÁCIO, Andréia Christina. *O RPG eletrônico no ensino de química: uma atividade lúdica aplicada ao conhecimento de tabela periódica*. Dissertação de Mestrado em Formação Científica, Educacional e Tecnológica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

IUPAC - *International Union of Pure and Applied Chemistry*. The Periodic Table of the Elements. Em: <[http://iupac.org/cms/wp-content/uploads/2015/07/IUPAC\\_Periodic\\_Table-8Jan16.jpg](http://iupac.org/cms/wp-content/uploads/2015/07/IUPAC_Periodic_Table-8Jan16.jpg)>. Acesso em 13/05/2016.

KEAN, Sam. *A colher que desaparece – E outras histórias de loucura, amor e morte a partir dos elementos químicos*. Rio de Janeiro: Zahar, 2011.

LEMOS, R.; CORRÊA, P. A utilização do lúdico no ensino da tabela periódica com foco na modalidade EJA em uma escola pública de Macapá-AP. *Anais do 53º Congresso Brasileiro de Química*, Rio de Janeiro, 2013.

LEMOS, R.; CORRÊA, P. A utilização do lúdico no ensino da tabela periódica com foco na modalidade EJA em uma escola pública de Macapá-AP. *Anais do 53º Congresso Brasileiro de Química*, Rio de Janeiro, outubro de 2013.

LOPES, Alice R C. *Conhecimento Escolar: Ciência e Cotidiano*. Rio de Janeiro: EdUERJ, 1999.

LOPES, Alice R C. Contribuições de Gaston Bachelard ao ensino de Ciências. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (3), 1993, p. 324-330.

- LOPES, Alice R. C. Bachelard: o filósofo da desilusão. *Cadernos Catarinense de Ensino de Física*, v. 13, n. 3, dez. 1996, p. 248-273.
- LOPES, Alice R.C. Conhecimento escolar em Química - Processo de mediação didática da ciência. São Paulo: *Química Nova*, 20 (5), 1997, p. 563-568.
- MARX, Karl; ENGELS, Friedrich. *A ideologia Alemã*. São Paulo: Martins Fontes, 2001.
- MATTHEWS, M.R. Historia, Filosofia y enseñanza de las Ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de Las Ciências*, 12(2), 1994, p. 256-259.
- MEDEIROS, Miguel A. A informática no ensino de química: análise de um *software* para o ensino da Tabela Periódica. *Anais do XIV ENEQ – Encontro Nacional de Ensino de Química*, Curitiba, 2008.
- MEHLECKE, Clarissa M.; EICHLER, Marcelo L.; SALGADO, Tania D. M.; DEL PINO, José C. A abordagem histórica acerca da produção e da recepção da Tabela Periódica em livros didáticos brasileiros para o ensino médio. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 11(3), 2012, p. 521-545.
- NAGEM, R. L. et al. Analogias e Metáforas no Cotidiano do professor - Texto complementar. In: *26a. Reunião Anual da ANPEd*, Poços de Caldas. Novo Governo. Novas Políticas. Rio de Janeiro, 2003, p. 1-13.
- OKI, Maria da Conceição M. O Conceito de Elemento da Antiguidade à Modernidade. *Química Nova na Escola*, nº 16, 2002, p. 21-25.
- OLIVEIRA, Renato J. Crítica ao verbalismo e ao experimentalismo no ensino de química e física. *Química Nova*, 15(1), 1992, p. 86-89.
- OSTERMANN, Fernanda; CAVALCANTI, Cláudio J. H. Um pôster para ensinar Física de Partículas na Escola. *Física na Escola*, 2(1), 2001, p. 13-18
- PAIS, Luiz C. *Didática da Matemática: uma análise da influência francesa* (2ª. Ed). Belo Horizonte: Autêntica, 2002.
- PARENTE, Letícia. *Bachelard e a Química – no ensino e na pesquisa*. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 1990.
- PICCOLI, Flavia. *A História da Química pode ajudar os alunos a atribuir sentido para a Tabela Periódica?* Monografia Final de Curso de Licenciatura em Química. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.
- PORTZ, Luciano G.; EICHLER, Marcelo L. Uso de jogos digitais no ensino de química: um Super Trunfo sobre a Tabela Periódica. Unijuí: *33º Encontro de Debates sobre o Ensino de Química – Movimentos Curriculares da Educação Química: o Permanente e o Transitório – EDEC n. 33*, 2013.
- SALES, Flávia R. P.; SILVA, Carlindo M. Q., SOUZA, Niely S.; FIGUEIRÊDO, Alessandra M. T. A. Tabela Periódica: contextualização e experimentação numa turma de jovens e adultos do Instituto Federal da Paraíba. *Anais do II Congresso Nacional de Educação*, Campina Grande, PB, 2015.
- SALES, Flávia R. P.; SILVA, Carlindo M. Q.; SOUZA, Niely S.; FIGUEIRÊDO, Alessandra M. T. A. Tabela Periódica: contextualização e experimentação numa turma de jovens e adultos do Instituto Federal da Paraíba. *Anais do II CONEDU – Congresso Nacional de Educação*, Campina Grande – PB, outubro de 2015.

SAUTU, Ruth; BONIOLO, Paula; DALLE, Pablo; ELBERT, Rodolfo. *Manual de metodologia – Construcción del marco teórico, formulación de los objetivos y elección de la metodología*. Buenos Aires: CLACSO Libros, 2005.

SILVA, Denise; MÜNCHEN, Sinara; CARLAN, Francele A.; DEL PINO, José C. Uma proposta diferenciada para o ensino de Tabela Periódica. Unijuí: 33º *Encontro de Debates sobre o Ensino de Química – Movimentos Curriculares da Educação Química: o Permanente e o Transitório – EDEC n. 33*, 2013.

SILVEIRA, Fernando L. A Filosofia da Ciência e o ensino de Ciências. Brasília: *Em Aberto*, ano 11, nº 55, jul./set. 1992, p. 36-41.

SOUZA, Marcelo P.; MERÇON, Fábio. A Utilização de Recursos Computacionais em Química no Ensino da Tabela Periódica. *IX Simpósio Educação e Sociedade Contemporânea: desafios e propostas*. Universidade do Estado do Rio de Janeiro – CAP UERJ, setembro de 2014.

TOLENTINO, Mário; ROCHA-FILHO, Romeu C. Alguns Aspectos Históricos da Classificação dos Elementos Químicos. *Química Nova*, 20(1), 1997, p. 103-117.

TORRES, Adriana P. G.; BADILLO, Romulo G. Historia, epistemologia y didáctica de las ciencias: unas relaciones necesarias. *Ciência & Educação*, 13(1), 2007, p. 85-98.

VERRET, Michel. *Le temps des études*. Paris: Honoré Champion, 1975.

VILLANI, Alberto. Filosofia da Ciência e ensino de Ciência: uma analogia. *Ciência & Educação*, 7(2), 1998, p. 169-182.

ZUNINI, Patricio. El docente como obstáculo epistemológico. *Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales*, Vol. 4(9), 2007, p. 28-34