



**UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA**

---

**CECÍLIA HELENA VECHIATTO DOS SANTOS**

**HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NOS LIVROS  
DIDÁTICOS DE BIOLOGIA DO ENSINO MÉDIO:  
ANÁLISE DO CONTEÚDO SOBRE A ORIGEM DA VIDA**

---

Londrina  
2006

**CECÍLIA HELENA VECHIATTO DOS SANTOS**

**HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NOS LIVROS  
DIDÁTICOS DE BIOLOGIA DO ENSINO MÉDIO:  
ANÁLISE DO CONTEÚDO SOBRE A ORIGEM DA VIDA**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Rodrigues da Silva.

Londrina  
2006

**CECÍLIA HELENA VECHIATTO DOS SANTOS**

**HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NOS LIVROS  
DIDÁTICOS DE BIOLOGIA DO ENSINO MÉDIO:  
ANÁLISE DO CONTEÚDO SOBRE A ORIGEM DA VIDA**

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Marcos Rodrigues da Silva  
Universidade Estadual de Londrina

---

Prof. Dr. Álvaro Lorencini Júnior Universidade  
Estadual de Londrina

---

Prof. Dr. Eduardo Salles de Oliveira Barra  
Universidade Federal do Paraná

Londrina, 01 de setembro de 2006.

## **DEDICATÓRIA**

A minha família.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a tantas pessoas, mas não haveria espaço para nomear a todos, portanto, agradeço:

A **Deus**, pela saúde, sabedoria e perseverança que me foi dada ao longo desta vida;

Ao **Professor, Filósofo e Doutor Marcos Rodrigues da Silva**, pela atenção, credibilidade e magnífica orientação;

Aos **meus familiares** que me incentivaram e me deram apoio para que eu chegasse aonde cheguei, em especial, ao **Renato, Carlos Renato e Ana Maria**, que sempre torceram pelo meu sucesso e que muitas vezes ficaram sem a atenção merecida pelo tempo que me dediquei à pesquisa;

Aos meus **pais e irmãos** que são os espelhos da minha vida;

Ao **Professor e Doutor Álvaro Lorencini Júnior**, pelo carinho, amizade e entusiasmo, pelas sugestões e boa vontade em compor a banca examinadora desta Dissertação;

Ao **Professor e Doutor Rogério Fernandes de Souza**, pela atenção, valiosas sugestões, boa vontade e disponibilidade de participar no Exame de qualificação;

Ao **Professor e Doutor Eduardo Salles de Oliveira Barra**, pelo carinho, atenção, boa vontade e disponibilidade em compor a banca examinadora desta Dissertação;

Aos **professores do mestrado** que tive a grata satisfação de encontrar ao longo desse tempo;

Aos **autores**, em que fui buscar referências para realizar este trabalho, especialmente ao **Dimas** pela atenção e carinho;

Aos **autores dos Livros Didáticos** que, sem seus livros não seria possível realizar este estudo;

Aos amigos deste **curso de mestrado**, especialmente ao **Zenf, Marli, Nanci e Virgínia**, pelas preciosas sugestões e incentivo na realização desta pesquisa, aos quais tive a grata satisfação em conhecê-los no decorrer desta jornada;

A todos meus amigos, especialmente à minha amiga **Sandra**, pelas palavras de otimismo, sabedoria e carinho em todos os momentos ao longo desta caminhada; a **Marilane** pela torcida, pelo carinho e incentivo para a realização de mais esta etapa da minha vida.

“Acredite sempre em você, a força maior e as respostas para suas perguntas estão dentro do seu interior”.

C. J. Pereira

SANTOS, Cecília Helena Vechiatto dos. **História e filosofia da ciência nos livros didáticos de biologia do ensino médio**: análise do conteúdo sobre a origem da vida. 2006. 85f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2006.

## RESUMO

Este estudo tem como principal objetivo analisar a história da ciência que está sendo apresentada nos livros didáticos de Biologia do ensino médio. A proposta da inserção da história e filosofia da ciência (HFC) nos livros didáticos se baseia no princípio que, o livro didático, enquanto ferramenta acessível e utilizada tanto pelos professores quanto pelos alunos, é ainda muito útil. Portanto, devido a sua ampla utilização e elemento fundamental pedagógico, o livro didático necessita ser de boa qualidade. Desse modo, as nossas investigações partem dos seguintes questionamentos: a) A história da ciência está presente nos livros didáticos, como ela está sendo apresentada? b) A forma pela qual a história da ciência aparece nos livros didáticos é considerada adequada para um ensino de boa qualidade? c) Como a história da ciência vem sendo utilizada, uma vez que ela pode ser um excelente recurso pedagógico? Para responder essas questões, o presente estudo buscou auxílio nas idéias de um filósofo da ciência Thomas Kuhn, o qual serviu de alicerce para o desenvolvimento desta pesquisa. Os subsídios que encontramos nos estudos de Kuhn foram reforçados por um estudioso em ensino de ciências, Michael Matthews. Com esses dois referenciais teóricos, Kuhn e Matthews foi possível realizar um estudo de caso sobre a história da ciência nos livros didáticos. Para a realização deste estudo de caso, analisamos 4 (quatro) livros didáticos de Biologia do ensino médio. O assunto escolhido para a análise desta pesquisa foi o problema da origem da vida, pois é um assunto que se encontra na maioria dos livros didáticos e que também aborda dois paradigmas: abiogênese e biogênese. Para esse estudo de caso, foi realizada uma associação entre as idéias dos nossos principais referenciais Kuhn e Matthews, com a reconstrução histórica do problema da origem da vida. Estas associações foram convertidas em algumas categorias, a saber: linearidade; ciência normal; paradigma; quebra-cabeça e relação teoria/experimento. A partir dos resultados obtidos procuramos mapear as formas pelas quais a história e a filosofia da ciência se encontram presentes nos livros didáticos, bem como o modo de sua estruturação.

**Palavras-chave:** Ensino de ciências. Livros didáticos de Biologia. História e filosofia da ciência.

SANTOS, Cecília Helena Vechiatto dos. **History and philosophy of science in text-books of biology of high school: analysis of the Content on the Origin of Life.** 2006. 85f. Dissertation (Master's Degree in Science Teaching and Mathematics Education) – Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2006

### ABSTRACT

This study has as main objective to analyze the history of Science that is being presented in the text-books of Biology of the High School. The proposal of the insertion of Science History and Philosophy in the text-books is based on the principle that the text-book, while accessible and utilized tool in such a way for the teachers as well as for the students, it is still very useful. Therefore, due to its ample utilization and pedagogical basic element, the text-books needs to be of good quality. In this manner, our investigations start on the following questionings: a) Is the Science History present on the text-books, as it is being presented? b) Is the way as the Science History appears on the text-books considered adequate for an education of good quality teaching? c) How has the Science History been utilized, once it can be an excellent pedagogical resource? To answer these questions, the present study searched help in the ideas of a Science philosopher Thomas Kuhn, who served as the foundation for the development of this research. The subsidies we found in the Kuhn studies were reinforced by a studios on the Science Teaching, Michael Matthews. With these two theoretical referentials, Kuhn and Matthews was possible to accomplish a case study about the Science History on the text-books. For the achievement of this case study, we analyzed (04) four Biology text-books of the High School. The subject chosen for the analyses of this research was the problem of the origin of life, therefore it is the found subject on the majority of text-books and that it also approaches two paradigms: abiogenesis and biogenesis. For this study case was achieved an association between the ideas of our main referentials Kuhn and Matthews, with the historical reconstruction of the problem of the origin of life. These associations were converted into some categories, as for: linearity; normal science; paradigm; puzzle and the relation theory/experiment. From the obtained results we tried to map the ways which the Science History and Philosophy are present on the text-books, as well as the way of its structuring.

**Keywords:** Science Teaching. Biology text-books. Science History and Philosophy.

## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	9
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	18
1.1 THOMAS KUHN E A ESTRUTURA DAS REVOLUÇÕES CIENTÍFICAS .....	27
1.2 CRÍTICA DE SIEGEL .....	32
1.3 UMA POSSÍVEL RESPOSTA DE KUHN A SIEGEL .....	34
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	41
2.1 RECONSTRUÇÃO HISTÓRICA DO PROBLEMA DA ORIGEM DA VIDA .....	41
2.2 ESTRUTURAÇÃO DA ANÁLISE HISTÓRICA .....	49
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	52
3.1 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA DA ORIGEM DA VIDA APRESENTADA NO LIVRO DIDÁTICO DE FAVARETTO E MERCADANTE .....	52
3.1.1 Categorias presentes no livro de Favaretto e Mercadante .....	54
3.1.2 Análise da Apresentação do Problema da Origem da Vida Exibido no Livro Didático de Favaretto e Mercadante .....	54
3.2 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA DA ORIGEM DA VIDA APRESENTADA NO LIVRO DIDÁTICO DE SÔNIA LOPES .....	60
3.2.1 Categorias presentes no livro de Sônia Lopes .....	61
3.2.2 Análise da Apresentação do Problema da Origem da Vida Exibido no Livro Didático de Sônia Lopes .....	62
3.3 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA DA ORIGEM DA VIDA APRESENTADA NO LIVRO DIDÁTICO DE AMABIS E MARTHO .....	67
3.3.1 Categorias presentes no livro de Amabis e Martho .....	68
3.3.2 Análise da Apresentação do Problema da Origem da Vida Exibido no Livro Didático de Amabis e Martho .....	69
3.4 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA DA ORIGEM DA VIDA APRESENTADA NO LIVRO DIDÁTICO DE SÍDIO MACHADO .....	74
3.4.1 Categorias presentes no livro de Sídio Machado .....	75
3.4.2 Análise da Apresentação do Problema da Origem da Vida Exibido no Livro Didático de Sídio Machado .....	76
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	79
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	81

## APRESENTAÇÃO

Percebi desde muito cedo a minha paixão pelos estudos. Lembrome da importância que atribuí aos livros didáticos utilizados como recurso para meu processo de aprendizagem. Fui alfabetizada na primeira série do primário (hoje denominada 1º série do ensino fundamental), com a cartilha “Caminho Suave” a qual nunca mais esqueci.

“Caminho Suave” trazia o “be a ba” completo e o professor utilizava o método da memorização para alfabetizar seus alunos.

Novamente fui ter contato com livros didáticos, quando cursei o ginásio (hoje conhecido como 5º a 8º séries do ensino fundamental) e, mais tarde, no curso do magistério (ensino médio profissionalizante).

Ao abrir as páginas dos meus livros didáticos para fazer meus estudos, eu me deparava, na maioria das vezes, com textos que continham muitas informações, datas e acontecimentos. Hoje, revivendo minhas memórias, começo a questionar a relevância e a abstração dos conhecimentos que eram apresentados nos livros didáticos, lembrando-me também que meus professores não demonstravam, em suas considerações, preocupação com a quantidade de erros de editoração e com as informações erradas que esses traziam.

Alguns desses professores ignoravam o livro didático de sua disciplina, optando por apresentar resumos no quadro de giz, ao invés de se utilizar dele, uma de suas principais ferramentas de trabalho.

Sempre gostei das aulas das Ciências (Matemática, Química, Física, Biologia e Ciência) e adorava, quando ao examinar o horário das aulas, confirmava que, naquele dia, eu teria uma das disciplinas das ciências. Porém, minha euforia durava pouco, pois, na maioria das vezes, o professor entrava na sala, pedia aos alunos que abrissem seus livros didáticos e começava a leitura daqueles textos que eu considerava fora da nossa realidade.

Quando cursei o magistério, aprendi a didática das disciplinas, mas, como na maioria das vezes, se trabalha com alunos desmotivados ou com problemas de aprendizagem, foi possível constatar que a culpa geralmente acaba caindo sobre o professor (nesta pesquisa não será comentada a formação de professores). Raramente, eram analisados os recursos que o professor utilizava para

ministrar suas aulas.

A partir do momento em que passei a ser professora, ao invés de aluna, pensei que seria a melhor professora que aqueles alunos teriam. Procurei ser uma professora dinâmica, estar sempre atualizada, por meio de leituras ou por cursos de capacitação - para mim o mais importante era tornar minhas aulas cada vez mais interessantes para os alunos.

Em 1997, participei de um curso de capacitação na UEL (Universidade Estadual de Londrina) e tive o prazer de ser aluna do professor de Biologia Álvaro Lorencini Júnior, da referida instituição, e, em uma de suas aulas, esse professor dizia que todo professor deveria fazer uma “reflexão sobre sua ação”.

No momento, não dei muita importância, mas ao sentir algumas dificuldades em sala de aula, principalmente, quando me deparava com alunos desmotivados para aprender ou alunos pouco preparados para vivenciar sua realidade e com baixo conhecimento, eu me vi como um daqueles professores da época em que eu era aluna; tinha um ótimo recurso nas mãos, que é o livro didático, mas não tinha um material rico em conteúdo. A partir de então, comecei a refletir sobre o que eu poderia fazer para melhorar minhas aulas, para tornar meus alunos mais motivados para o conhecimento? Eu, como professora, não estaria atendendo as expectativas dos alunos ou o problema estaria nos materiais inadequados que eu estava utilizando?

Resolvi investigar se somente eu passava por essa dificuldade ou se também outros professores a tinham. Para minha surpresa, constatei por meio de conversas informais, que a desmotivação e o despreparo dos alunos são os maiores problemas encontrados pela maioria dos professores.

Como sempre busquei respostas para minhas indagações, fui persistente, de certa forma, procurando atingir meus objetivos e, também, por gostar de estar sempre atualizada, resolvi ingressar nesse curso de mestrado, no qual eu poderia buscar solução para algumas de minhas inquietações. Porém, quando me inscrevi como aluna especial, na disciplina de História da Ciência, pensei: estudar história, aquela matéria tediosa cheia de datas e acontecimentos para quê? Qual não foi minha surpresa, ao longo do processo, de descobrir a importância da história para a compreensão da atual realidade de nossa vida e para o processo ensino/aprendizagem. Fiquei maravilhada ante a possibilidade de ter encontrado a resposta para algumas de minhas inquietações.

Ao saber que eu poderia verificar como a história da ciência está sendo apresentada nos livros didáticos e que eu teria condições de provar que a história associada à filosofia da ciência pode ser um excelente recurso que está disponível aos professores e alunos, resolvi enfrentar a questão e, juntamente com meu orientador, investigar como os livros didáticos de Biologia do ensino médio abordam a história da ciência.

Ao iniciarmos a pesquisa, participei de uma seleção em que a Secretaria de Estado da Educação do Paraná escolheu cinco professores de cada disciplina para desenvolver um projeto inédito, que consistia em escrever o LDP (Livro Didático Público), voltado aos alunos do ensino médio, uma vez que há carência de material didático para este nível de ensino. Assim, tive o privilégio de ser, além de pesquisadora, autora, saindo dos bastidores para ser a protagonista nessa parte da História da Educação do Paraná.

E, como se tratava de assunto relacionado a minha pesquisa, eu recebi incentivo do meu orientador para escrever o livro. Confesso que não foi fácil, porém, como já comentei anteriormente, sou persistente naquilo em que acredito, principalmente, nos meus objetivos e, portanto, consegui concluir a escrita do primeiro LDP do Paraná. Com isso, minha bagagem de conhecimento ampliou-se muito, fazendo crescer, ainda mais, minha vontade de analisar os textos dos livros didáticos que chegam ao professor e ao aluno, por serem uns dos poucos recursos disponíveis para que o processo de educação aconteça.

A pesquisa para esta dissertação se justifica em minha experiência como professora e como autora do livro didático do Ensino Médio para a escola pública do Estado do Paraná, para a qual fui auxiliada por meu orientador, tornando-se nosso objetivo maior a melhoria da qualidade do ensino.

Ao longo desses dezesseis anos, atuando como professora de Biologia deparei-me com várias situações críticas na educação, mas nenhuma delas me chamou mais a atenção do que o índice crescente do percentual de evasão e repetência escolar.

Por mais que as instituições e governos invistam na educação, esses problemas educacionais não serão solucionados, se não houver melhoria na qualidade do ensino. Acreditamos que um dos requisitos para essa melhoria é a qualidade do livro didático, recurso acessível e muito utilizado pelos professores e alunos. Portanto, o livro didático de Biologia do ensino médio será o objeto da pesquisa, a partir do qual será feita uma análise teórica da história da ciência nele contida.

## INTRODUÇÃO

É comum constatarmos que o ensino de ciências, especialmente no Brasil, não está sendo um trabalho complementar do ponto de vista da realização, satisfação e rendimento de trabalho, tanto do professor como do aluno. Essa realidade desanimadora é evidenciada em vários aspectos como, por exemplo, nos altos índices de evasão e repetência escolar, na qualidade de ensino e no baixo aproveitamento dos alunos que freqüentam as aulas.

Relata Charlot (2000, p. 15), “os docentes recebem diariamente em suas salas de aula alunos que não conseguem aprender o que se quer que eles aprendam, os dispositivos de inserção acolhem diariamente jovens sem diploma e às vezes sem pontos de referência”. Isso evidencia que o ensino educacional está sendo de baixa qualidade. Portanto, há de se pensar em estratégias para que esse quadro crítico se reverta.

Para Patto (2000 apud MAZZOTTI, 2004, p. 1), ao longo da história, o problema do ensino escolar tem diferentes causas, como, por exemplo, “as deficiências do aluno (de origem psicológica), os fatores intra-escolares e a carência cultural de seu ambiente, sendo que esta última prevalece, ainda que sob diferentes feições, até os nossos dias”.

Nessa perspectiva, a busca de alternativas para superar o problema que o ensino educacional se encontra está em apreender os aspectos históricos, cognitivos, sociais, afetivos e culturais; ou seja, há um conjunto de fatores, intra-e extra-escolares que contribuem para que o ensino seja de baixa qualidade. Entre esses fatores temos as condições econômicas e culturais dos alunos, a gestão escolar e as práticas pedagógicas (DOURADO, 2005).

Ressaltamos que, no Brasil, o ensino é o resultado de importantes transformações pelas quais o Estado passou, sendo produto de:

[...] alterações introduzidas em 1988 por meio da promulgação da Constituição da República Federativa do Brasil e, em 1996, por meio da aprovação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (lei 9394/96) e ainda da aprovação do Plano Nacional de Educação – PNE<sup>1</sup>, em 2001 (DOURADO, 2005).

---

<sup>1</sup> O PNE (Plano Nacional de Educação) foi aprovado pela Lei nº. 10.172, de 09 de Janeiro de 2001.

Todavia o objetivo da elaboração dessas leis é estabelecer normas para a organização educacional visando assim à melhoria na qualidade do ensino. Atualmente, no Brasil, 97,2% das crianças entre 7 e 14 anos freqüentam a escola, porém há muito o que fazer para se ter um ensino de boa qualidade. Os resultados dos exames de avaliação realizados pelo Ministério da Educação demonstram que o desempenho dos estudantes brasileiros está muito abaixo dos padrões considerados adequados. Nesta óptica, é necessário salientar os processos de organização e gestão pedagógica que influenciam no baixo rendimento escolar, como por exemplo:

Deficiência do processo ensino-aprendizagem, estrutura inadequada de parte dos sistemas educacionais para dar conta do aumento de demanda dos últimos anos, carência de professores qualificados, especialmente no Ensino Médio, oferta de recursos pedagógicos e bibliotecas adequadas (DOURADO 2005, p.4).

No Brasil, a baixa qualidade no ensino é evidenciada de acordo com alguns aspectos, tais como: o fluxo de repetência, a evasão, o abandono e a disparidade entre idade e série freqüentada, dentre outros. Conforme Dourado:

Uma análise dos indicadores do SAEB<sup>2</sup> de 2003 já permite alguns dados reveladores dos processos de exclusão vivenciados nas escolas brasileiras na medida em que estes apontam que 24,8% dos alunos do ensino fundamental são reprovados, sendo 13,3% na 1<sup>o</sup> a 4<sup>o</sup> séries e 11,5% na 5<sup>o</sup> a 8<sup>o</sup> séries. Assim, a cultura de reprovação tem sido internalizada no sistema educativo, tanto por alunos quanto por professores. Outro dado relevante refere-se às taxas de abandono que nas quatro primeiras séries é de 7.5 % e nas séries finais do ensino fundamental atinge os 12%. Analisar esses indicadores objetivando deslindar que condições e processos, internos e externos, favorecem a manutenção desses índices de abandono é tarefa complexa para aqueles que buscam alternativas conseqüentes para a superação do fracasso escolar. A distorção idade-série é outro dado alarmante, atingindo o patamar de 36,2% e de 44,7% na 1<sup>o</sup> a 4<sup>o</sup> séries e na 5<sup>o</sup> a 8<sup>o</sup> respectivamente. No ensino médio essa situação se agrava, pois 9,5% são reprovados, 17% abandonam a escola antes de concluir e 51,8% dos alunos do último ano do ensino médio estão acima da idade adequada para a série (DOURADO 2005, p.12).

---

<sup>2</sup> SAEB (Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica) é uma ação do Governo Brasileiro criada em 1988, desenvolvido pelo INEP (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira). É um dos mais amplos empreendimentos e tem como objetivo coletar dados sobre alunos, professores, diretores de escolas públicas e privadas em todo o Brasil.

A tabela abaixo demonstra de forma quantitativa os dados sobre reprovação, abandono e disparidade entre idade e série freqüentada na educação brasileira.

**Tabela 1 – Dados sobre Reprovação**

	Reprovação	Abandono	Disparidade entre Idade e série freqüentada	
1º a 4º - EF	13,3%	7,5%	4º - EF	36,2%
5º a 8º - EF	11,5%	12%	8º - EF	44,7%
1º a 3º - EM	9,5%	17%	3º - EM	51,8%

Fonte: SAEB/2003 – MEC – INEP (apud Dourado 2005, p. 13).

Os dados do SAEB revelam que, no Brasil, o ensino é de baixa qualidade. Levando-se em conta que há diversos fatores que interferem no processo ensino/aprendizagem é relevante buscar alternativas que visem à melhoria da qualidade do ensino, especialmente no Brasil.

Popkewitz (1995, p. 37) afirma que vários relatórios<sup>3</sup> identificaram uma crise no ensino: os alunos não estão adquirindo competências e conhecimentos básicos, fazendo-se necessário um ensino de “melhor qualidade para que se preserve o clima espiritual, cultural e econômico da nação”.

Para Schön (1995, p. 79), atualmente, estamos no meio de um dos processos cíclicos de reforma educativa, e, portanto estamos tomando consciência das inadequações da educação. Com isso buscam-se soluções para que aconteça um ensino de boa qualidade.

Devido aos problemas apontados acima, a maior parte das pesquisas na área do ensino de ciências, quer nos cursos de capacitação e/ou atualização, quer na prática educativa de situações–problema, tem por objetivo o diferencial qualitativo do processo ensino/aprendizagem da formação do educando.

No entanto, como sugerimos no primeiro parágrafo desta introdução, a realidade da prática educativa do ensino de ciências revela alguns problemas, tais como: evasão, repetência, abandono, disparidade entre idade e série freqüentada, dificuldade de compreensão dos alunos, dificuldade de abstração conceitual, incompreensão com as fases e etapas da resolução de problemas, etc. Portanto,

parece que há uma emergência que vise melhorar a realidade educacional que o processo de ensino se encontra.

Não restam dúvidas de que os conteúdos de ciências encerram oportunidades enriquecedoras no processo ensino/aprendizagem, pois o professor pode usar estratégias didático-pedagógicas por meio de questionamentos para motivar a participação do educando na resolução de situações-problema, favorecendo, assim, a construção de seu aprendizado. No entanto, tais processos de aprendizagem exigem operações mentais de grande complexidade lógica e instrumental, para as quais é exigido também um embasamento anterior que, na prática, nem sempre é compatível com os requisitos necessários para garantir um aproveitamento satisfatório em relação ao assunto abordado.

Uma dessas oportunidades<sup>4</sup>, de acordo com boa parte da literatura em ensino de ciências, ocorre quando o professor se propõe à utilização de recursos obtidos da história da ciência. Acredita-se que o conhecimento dos processos históricos possa ser um facilitador na compreensão da realidade científica na sua diversidade e nas múltiplas dimensões temporais<sup>5</sup>.

O ensino, aliado à reconstrução histórica, pode propiciar ao educando a obtenção de uma visão mais ampla do estudo, gerando condições para que ocorra aprendizagem. No entanto, como já mencionamos no parágrafo anterior, freqüentemente os alunos não têm embasamento anterior suficiente para a compreensão da sua utilização.

Partindo desse pressuposto, podemos então indagar o porquê dessa situação. Podemos observar um duplo fenômeno: em primeiro lugar, os alunos em geral não conseguem vislumbrar a história das ciências que eles estudam; em segundo lugar, os próprios professores, por sua vez, não conseguem enxergar na história da ciência uma oportunidade enriquecedora para o processo de

---

<sup>3</sup> Thomas Popkewitz recomenda, no artigo citado (1995), consulta a outras referências para uma discussão mais aprofundada do ponto em questão.

<sup>4</sup> Os elementos históricos oportunizam aos alunos compreender que existem diversas relações entre a produção científica e o contexto social, econômico e político, os quais possibilitam averiguar que tanto a formulação como o sucesso, ou o fracasso das diferentes teorias científicas, estão associados a seu momento histórico (cf. PCN 1999, p. 219).

<sup>5</sup> Esta é a posição de filósofos da ciência como Thomas Kuhn, que afirma: “Se não se tem o poder de considerar os eventos retrospectivamente, torna-se difícil encontrar outro critério que revele tão claramente que um campo de estudos tornou-se uma ciência” (Kuhn 1962, p. 42). Esta posição também é defendida por historiadores da biologia, como Ernst Mayr. Em seu livro *O Desenvolvimento do Pensamento Biológico*, defendeu esta proposição: “[...] muitos problemas atuais não poderão ser plenamente entendidos sem uma compreensão da sua história” (1998, p. 15).

ensino/aprendizagem. Neste trabalho, nos propomos a investigar como a história da ciência está sendo apresentada nos livros didáticos de Biologia do ensino médio, uma vez que ela pode ser um recurso muito útil tanto pelo professor quanto pelo aluno. Com isso, pretendemos responder ao porquê das dificuldades da assimilação de conteúdo por parte dos alunos.

Fica claro, então, que estamos delimitando nosso campo de investigação, pois será tratado apenas um dos problemas da aprendizagem, que está circunscrito à questão da apresentação da história da ciência no ensino de Ciências, como uma estratégia de aprendizagem. Para sermos mais claros, nosso problema parte do pressuposto de que a história da ciência pode ser uma ferramenta conceitual bastante útil para o ensino de Ciências. Uma vez que a história da ciência é apresentada na maioria dos livros que os professores e alunos utilizam no processo ensino/aprendizagem, resta-nos analisar como isso está sendo feito. É uma boa história? Por quê? Portanto, se ela está presente nos livros didáticos e pode ser considerada um ótimo recurso pedagógico, então investigaremos por que ela não está sendo bem apresentada.

Para responder a essa questão, buscaremos auxílio na literatura, acerca da inserção da história da ciência no ensino de Ciências e, para isso, nos valeremos das reflexões do teórico Michael Matthews. Com base em Matthews, veremos como a história pode ser introduzida num curso de ciências; no entanto, dado ao enfoque de Matthews, a história da ciência deve ser compreendida como uma associação entre a própria história e a filosofia da ciência.

Desse modo, buscaremos na filosofia da ciência de Thomas Kuhn um subsídio para a complementação da compreensão da história de Matthews. (Porém, vale lembrar que, como Kuhn foi fortemente criticado por não ter compreendido a importância da história da ciência para o ensino, é nossa tarefa apresentarmos essa crítica e justificarmos esse apoio que buscamos em Kuhn). Para nos subsidiarmos nesta pesquisa, comentaremos no capítulo 1 as idéias de alguns estudiosos em ensino de ciência, tais como Michael Matthews e Thomas Kuhn. A apresentação que faremos da concepção de Matthews nos mostra um panorama da importância do ensino de ciência na educação, além de apresentar dois modos pelos quais, segundo o autor, a história da ciência aparece nos livros didáticos: *ilustrativa* e *integrada*. Para pavimentar nossos estudos quanto à importância da história e da filosofia da ciência nos valeremos das idéias de Kuhn,

filósofo que revolucionou as concepções de ciência. Ainda no capítulo 1 apresentaremos uma das críticas apontadas às idéias kuhnianas e uma tentativa de resposta a esta crítica.

Dando seqüência a nossa pesquisa, no capítulo 2, apresentaremos um episódio da história da biologia: o problema da origem da vida, o qual servirá como parâmetro para analisarmos como os livros didáticos apresentam a história da ciência. O problema da origem da vida foi escolhido por se tratar de um assunto que contém dois paradigmas na história da ciência: abiogênese e biogênese. Após a apresentação do episódio do problema da origem da vida retomaremos o capítulo 1 e faremos uma associação dele com a história do problema da origem da vida. Para facilitar serão utilizadas algumas categorias filosóficas que permitirão uma melhor compreensão do tema proposto.

Com relação ao capítulo 3, apresentaremos as descrições do problema da origem da vida que se encontram nos livros didáticos de Biologia do ensino médio, as quais foram pesquisadas em quatro livros didáticos: Favaretto e Mercadante (2003); Sônia Lopes (1996); Amabis e Martho (1997) e Sídio Machado (2003). A escolha desses livros didáticos para a análise foi feita de acordo com o acesso e a disponibilidade dos mesmos. Após a apresentação das descrições do problema da origem da vida nos quatro livros didáticos, faremos a análise da história da ciência dessas descrições, associando-as às categorias apresentadas no capítulo 1.

Para concluir, apresentaremos as considerações finais a partir das análises realizadas nos quatro livros didáticos de Biologia e delinearemos um panorama de como a história da ciência está sendo apresentada nesses livros, apresentando-o de maneira responsável e crítica.

## CAPÍTULO 1

De acordo com Michael Matthews (1995, p. 165), o ensino de Ciências está em crise, fato este observado explicitamente pelos altos índices de evasão de alunos e professores das salas de aula e, também, pelos elevados índices de analfabetismo nessas disciplinas. Segundo o autor, o ensino de ciências por anos e anos centrou-se na memorização de conteúdos (fatos e leis), na realização de atividades mecânicas e na aplicação de questões de regras para a solução de problemas apresentados e resolvidos anteriormente pelo professor. Esse fato, conforme a Fundação Nacional Americana de Ciências (cf. MATTHEWS 1995, p. 166), resultou na decadência da qualidade do ensino, o que gerou uma demanda na reformulação do currículo de ciências.

Conforme já salientamos na introdução, Matthews (1995, p.165) evidencia que a solução para um ensino de qualidade se encontra na inclusão da história, da filosofia e da sociologia<sup>6</sup>. O autor acredita que a associação dessas áreas, além de humanizar as ciências – aproximando o aluno dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos de sua comunidade – também auxilia na formação do professor no uso de recursos epistemológicos e o ajuda a ter uma maior compreensão da estrutura e do espaço da ciência no sistema intelectual.

Como argumenta Matthews (1995, p. 168): “converter projetos curriculares em realidade de sala de aula requer novas orientações para a prática e avaliação, novos materiais didáticos e, acima de tudo, a inclusão de cursos adequados sobre HFC<sup>7</sup> no treinamento de professores”.

O autor concorda com as Teses da *American Association Advancement of Science* (AAAS), quando afirma que o ensino de ciência deve ser mais contextualizado, histórico, filosófico ou reflexivo. Admite também que o ensino deve ser gradual, sem ênfase de conteúdos, pois, assim, expõe Mach, (*apud* MATTHEWS, 1995, p. 169) “esse derrame de conteúdos só resulta numa teia de pensamentos frágeis demais para fornecer uma base sólida, porém complicados o

---

<sup>6</sup> Nesta pesquisa não serão enfocados os aspectos sociológicos da ciência, dados os limites da mesma. Como, além disso, nosso autor de referência é Thomas Kuhn, seguimos sua orientação entendendo que ele, apesar de confirmar a existência de aspectos sociológicos na história da ciência, estes, em sua obra maior, sejam desconsiderados (2003, p. 97).

<sup>7</sup> Neste trabalho “HFC” significa “História e Filosofia da Ciência”.

bastante para gerar confusão”. Assim, de acordo com Matthews, é preciso ensinar a história e filosofia da ciência para que o aluno possa estabelecer parâmetros entre o que existe e o passado, caracterizar o processo de produção do conhecimento como uma dinâmica de busca da compreensão da realidade e conhecer os aspectos e fatores que contribuíram para o surgimento e desenvolvimento do assunto que está sendo estudado. Tal enfoque geraria um ambiente ainda mais favorável à análise e à reflexão de objetos de estudo, e assim levar a perceber o processo ativo que permeia o conhecimento.

Obviamente, esta inserção de HFC no ensino médio ocorre fundamentalmente por meio dos livros didáticos de ciência, instrumentos pelos quais os alunos são introduzidos na aprendizagem de uma disciplina científica. Por isso os livros didáticos são importantes veículos da história da ciência acessíveis aos alunos.

O livro didático é considerado uma mercadoria produzida e comercializada, em que se leva em conta o aluno e o professor, e são os professores que indicam e escolhem o livro que usam. Todavia o livro didático pode ser considerado como agente cultural, uma vez que é muito utilizado por professores e alunos (DAMASIO, 2003, p. 32).

Nas últimas décadas, tem crescido muito o interesse dos pesquisadores pelo livro didático. Após ter sido desprestigiado por educadores e diversos intelectuais como de baixa qualidade cultural, passou a ser analisado sob vários aspectos, por exemplo, pelo educativo e por sua função na escola contemporânea. Embora o livro didático seja um objeto cultural, que gera muitas polêmicas e críticas de diferentes setores, ele é “considerado como instrumento fundamental no processo de escolarização” (BITTENCOURT, 2006).

Segundo Damásio (2003), no Brasil, a política do livro didático do MEC (Ministério da Educação e Cultura) desenvolveu-se de forma contínua, desde 1938, após o Decreto-lei 1006 de 30/12/1938 e, conquanto tenha havido mudanças de gestão nas políticas governamentais, ou seja, na Presidência da República, no Ministério da Educação, nos titulares das instituições responsáveis pela condução da política do livro didático, na mudança de concepção do livro, na gestão de programas dentre outros, ela permanece.

No Brasil, o PNLD (Programa Nacional do Livro Didático) foi criado e desenvolvido no âmbito das competências da FAE (Fundação de Assistência ao

Estudante), em 1985<sup>8</sup>. Em 1994, apesar dos avanços obtidos, o PNLD enfrentava certas dificuldades na distribuição e na qualidade de conteúdos do livro didático. Com isso, em 1995, o MEC iniciou uma ampla e criteriosa análise de conteúdos dos livros didáticos que eram oferecidos, anualmente, pelo programa.

A análise era realizada por uma equipe de educadores, coordenados pela Secretaria de Educação Fundamental do Ministério da Educação, que tinha como objetivo examinar os conteúdos dos livros, apontando os erros e selecionando os melhores títulos. A conclusão dessa análise era publicada no Guia de Livros Didáticos, servindo de apoio aos professores na escolha. Esse Guia, considerado instrumento de auxílio ao professor, proporcionou reflexão e discussão sobre o processo ensino/aprendizagem, especialmente, sobre o material didático a ser utilizado (DAMASIO, 2003).

A tabela abaixo demonstra os dados quantitativos dos livros didáticos inscritos, tanto os recomendados como os excluídos nos anos de 1997, 1998 e 2001 no Brasil.

**Tabela 2 – Dados dos Livros Didáticos Inscritos (Anos 1997; 1998 e 2001)**

PNLD	Livros Inscritos	Livros Recomendados	Não Recomendados e Excluídos
1997	466	105	361
1998	454	167	287
2001	569	321	248

Fonte: (DAMASIO, 2003, p. 30)

Os dados quantitativos demonstrados na tabela acima evidenciam um decréscimo no número de livros excluídos, portanto, alguns avanços estão sendo alcançados na melhoria da qualidade dos livros didáticos.

Assevera Bizzo que (1988 apud PNLD 98, p. 293) “as críticas feitas aos livros didáticos têm sido, infelizmente, pouco efetivas para a melhoria do ensino, principalmente em consequência do tratamento que a imprensa costuma dedicar ao assunto”. Geralmente, a imprensa insinua que algumas das deficiências do ensino no Brasil podem ser atribuídas aos erros contidos nos textos dos livros didáticos,

<sup>8</sup> A FAE é um órgão subordinado ao MEC e suas principais diretrizes são: promover melhoria na qualidade do ensino; escolher o livro didático para a escola juntamente com os professores do ensino de 1º grau, analisando,

uma vez que esses são muito utilizados pela maioria dos professores e alunos para o processo de ensino/aprendizagem (PNLD 98: 295).

Para Freitag (1997, p. 142), até 1997 não foram encontradas soluções ideais que “atendessem a todos os interessados no livro didático no que diz respeito à avaliação de sua qualidade”. De acordo com essa autora, é importante que o professor se conscientize da responsabilidade que lhe cabe, como educador, na decisão sobre a escolha e destino do livro didático. O mesmo se diga das editoras e dos autores. Portanto, é o que diz Freitag (1997, p. 140):

Se o professor se convencer da má qualidade de um livro, nas condições atuais do processo decisório, pode condenar o livro às estantes e depósitos de editoras e livrarias. Caberá, portanto ao professor controlar a médio e longo prazo a qualidade do livro didático. É sua a responsabilidade de, daqui para frente, quebrar o círculo vicioso da reprodução da mediocridade. Mas como, se o próprio professor constitui um elo dessa corrente?

Pela citação acima, podemos perceber a importância dos professores e a responsabilidade que lhes é atribuída e, por isso, o material didático que eles utilizam como recurso pedagógico deve ser analisado em todos os aspectos: conteúdo e linguagem, além de vários outros.

Aqui, no Estado do Paraná, a Secretaria de Estado da Educação elaborou um projeto inédito: o Livro Didático Público (LDP) que já está em fase final. Esse projeto consiste na produção dos livros didáticos destinados a todos os alunos do ensino médio da rede pública. Essa produção foi realizada por uma equipe composta por 5 (cinco) professores de cada disciplina – Matemática, Química, Física, Biologia, Língua Portuguesa/Literatura, Arte, Filosofia, Sociologia, Educação Física, História, Geografia, Língua Estrangeira Moderna Inglês/Espanhol -atuantes no Estado do Paraná, no ensino médio, orientados por 1 (um) consultor em exercício no ensino superior e alguns técnicos do Departamento do Ensino Médio da Secretaria da Educação do Paraná.

Pela primeira vez na história da educação, os livros didáticos foram produzidos pelos próprios professores dos alunos do ensino médio<sup>9</sup>. O LDP foi

---

selecionando e indicando títulos; universalizar o atendimento a todos os estudantes do ensino fundamental e utilização de livros reutilizáveis por 3 anos (DAMÁSIO, 2003, p. 29).

<sup>9</sup> HUTNER, Mary L. Livro Didático Público. Disponível em [www.diadiaeducacao.pr.gov.br](http://www.diadiaeducacao.pr.gov.br).

escrito em formato Folhas<sup>10</sup> e está previsto para chegar às mãos dos alunos e professores do ensino médio, nas escolas públicas, no segundo semestre deste ano (2006).

Os professores vêm, desde 2003, participando efetivamente das discussões e da elaboração das novas Diretrizes Curriculares<sup>11</sup> no processo de formação continuada, na produção do Projeto Folhas. O Departamento do Ensino Médio acreditou que os professores da rede pública seriam capazes de produzir livros de apoio teórico e didático, contemplando as 12 disciplinas curriculares do ensino médio<sup>12</sup>. Esses livros servirão como material de apoio para professores e alunos da rede pública do ensino médio.

Podemos perceber que há interesse dos governantes e educadores na melhoria da qualidade do ensino. Portanto, se é para alcançar essa tão almejada qualidade da educação, é importante que os recursos pedagógicos, como, por exemplo, os livros didáticos, sejam bem estruturados, o que se percebe não estar acontecendo.

Uma das razões da falta de estruturação consiste, muitas vezes, no fato de que a história da ciência contida nos livros didáticos apresenta apenas ilustrações dos acontecimentos e histórias sobre cientistas que contribuíram para o desenvolvimento do assunto, ou seja, não contém aspectos filosóficos que poderiam auxiliar ainda mais na compreensão do desenvolvimento científico. Essa história é denominada por Matthews de *add-on approach*. Seguindo a orientação de Silva (2004a), denominaremos essa abordagem de *ilustrativa*. Sabemos que essa história, bem ou mal contada e servindo apenas para ilustrar os fatos, é encontrada em muitos livros didáticos para servir de parâmetro da compreensão dos conteúdos que estão sendo estudados. (No próximo capítulo veremos alguns exemplos dessa história *ilustrativa*.) No caso dessa história *ilustrativa*, o curso de ciências é ministrado e, após seu encerramento “[...] uma ou [várias] unidades de história da

---

<sup>10</sup> O Projeto Folhas tem como objetivo “*viabilizar meios para que os professores da Rede Pública Estadual do Paraná pesquisem e aprimorem seus conhecimentos, produzindo, de forma colaborativa, textos de conteúdos pedagógicos, com base nas Diretrizes Curriculares do Ensino Fundamental e/ou Médio e seus Conteúdos Estruturantes, nas disciplinas de Matemática, Química, Física, Biologia, Língua Portuguesa/Literatura, Arte, Filosofia, Sociologia, Educação Física, História, Geografia, Língua Estrangeira Moderna Inglês/Espanhol e Ensino Religioso*” (Manual de Produção do Folhas, projeto apresentado no seminário em Faxinal do Céu, jun./2006).

<sup>11</sup> O documento das Diretrizes Curriculares está disponível no Portal Dia-a-dia Educação [www.diadiaeducacao.pr.gov.br](http://www.diadiaeducacao.pr.gov.br).

<sup>12</sup> Idéia extraída da palestra do professor Jairo Marçal, coordenador do projeto do Livro Didático Público na cidade de Faxinal do Céu, Pr, em Jun./2006.

ciência são acrescentadas (*added on*)” (MATTHEWS, 1994, p. 70).

Portanto, na prática, a abordagem *ilustrativa* não utiliza a história como um instrumento para a compreensão do conteúdo, mas somente para a sua ilustração. (Com isso não se quer dizer que essa abordagem não tenha seus méritos, mas apenas que ela não está inserida diretamente no conteúdo, mesmo porque, como afirmou Matthews, ela aparece após a conclusão do conteúdo).<sup>13</sup>

É importante ressaltarmos que, nesta abordagem, não importa a forma como a história é contada, pois seu domínio não é requerido para que o estudante apreenda o conteúdo estudado, podendo ser considerada também como ilustrativa devido ao fato de servir apenas como uma ilustração.

Desse modo a história seria uma espécie de apêndice do conteúdo ministrado e teríamos, em livros didáticos, algo como um *box* no qual constaria a história de algum conceito científico. Por meio desse contexto, o livro didático apresenta-se como “historiograficamente instruído”, nele a história *ilustra* apenas o conhecimento principal, ou seja, ela não possui nenhum significado cognitivo<sup>14</sup> (cf. SILVA, 2004b, p. 8-9). (Uma forma pela qual essa história aparece freqüentemente nos livros didáticos é a exposição da biografia dos cientistas mais famosos).

Como colocamos na introdução, a problemática diz respeito ao modo de inserção da história da ciência no ensino de ciências. Vimos no parágrafo anterior que um desses modos se dá pela abordagem *ilustrativa*. No entanto, para Matthews, essa abordagem possui um problema: ela não permite uma integração entre o conteúdo ensinado e a história dos principais aspectos deste conteúdo, visto que essa integração não deveria permitir uma separação radical entre o conteúdo e sua história.

Argumenta Matthews (1994, p. 71) que, para que essa integração ocorra, uma abordagem histórica de um conteúdo de ciências deve levar em conta não apenas a história, mas também os aspectos filosóficos, que estão presentes no desenvolvimento das teorias científicas, sobretudo o próprio fato de que uma abordagem filosófica pode auxiliar a integração desejada. Desse modo, uma outra forma pela qual a história da ciência pode ser abordada nos livros didáticos é denominada de *integrada*, a qual contém os pressupostos históricos e filosóficos envolvidos no assunto em questão, que podem ser mais satisfatórios para a

---

<sup>13</sup> Neste trabalho não nos posicionaremos quanto à eficiência da abordagem ilustrativa.

<sup>14</sup> Que não auxilia na compreensão do conteúdo que está sendo estudado.

compreensão do conteúdo.

Como exemplo de história *integrada*, pensemos na questão da *interdisciplinaridade*, qual seja a construção do modelo da dupla hélice do DNA por Watson e Crick em 1953, que representou um avanço extraordinário para o mundo científico. Com os conhecimentos que Watson e Crick tinham dos trabalhos dos pesquisadores que manipulavam os métodos físicos para o estudo de cristais na análise de moléculas biológicas, associados aos conhecimentos (sobretudo os de Watson) da Química na estrutura das moléculas e aos conhecimentos de cálculos matemáticos avançados (sobretudo os de Crick), eles concluíram que o modelo da dupla hélice é o formato helicoidal. Assim os conceitos biológicos associados aos da Química, da Física e da Matemática possibilitaram a Watson e Crick construir o modelo tridimensional da dupla-hélice (BRODY & BRODY, 2000, p. 373).

Um outro exemplo que podemos citar é relacionado à *intradisciplinaridade*. A descoberta da hereditariedade foi uma das mais importantes para o mundo científico. Após a redescoberta dos trabalhos de Mendel, muitas dúvidas foram esclarecidas em relação à transmissão das características herdadas. Mas Mendel não era o único a tentar desvendar os mistérios que envolviam a comunidade científica da época no tocante à hereditariedade.

Segundo Moore (1986, p. 45), Bateson explica que o problema central que envolvia o campo científico, na época de Mendel, eram os “estudos experimentais sobre o problema de Espécie”. Assim, segundo Moore (1986, p. 45), havia, antes de 1900 (época em que surgiram os redescobridores de Mendel), uma disputa relacionada à evolução dos seres vivos.

Alguns cientistas como Weldon, Galton, Pearson e outros eram seguidores de Darwin, porquanto acreditavam que as populações naturais evoluem pela variação contínua, ou seja, as espécies evoluem muito lentamente. Com isso, as idéias de Darwin foram-se fortalecendo, o que o fez se destacar, enquanto que Mendel permaneceu praticamente isolado em suas pesquisas. Conclui-se, então, que tanto Darwin quanto Mendel trabalhavam, entre outras coisas, com problemas muito próximos, a saber, a “Espécie”. Como há uma relação entre a problematização e os pesquisadores, podemos “enxergar” importantes questões filosóficas inseridas no desenvolvimento científico para a solução dos mistérios que envolviam a transmissão das características genéticas.

Diante do já exposto, optamos, neste trabalho, pela segunda

abordagem: a história *integrada*, a qual tenta explicar a história e a filosofia da ciência no ensino, já que acreditamos que um embasamento interpretado, a partir de pressupostos filosófico-históricos contribui, e muito, para uma reaproximação de conteúdos que se encontram espalhados. De certa forma, o entrelaçamento da história da ciência com a filosofia pode consolidar e fornecer os argumentos necessários para a apreensão de um determinado conhecimento. No entanto, lembramos novamente que nossa opção pela história *integrada* não significa que estamos desvalorizando a história *ilustrativa*.

Nossa opção pela história *integrada* está em acordo com as concepções do grande historiador da biologia Ernst Mayr (1998, p. 15), o qual diz que a história da ciência é o cerne para a solução de problemas na busca de um entendimento do mundo em que vivemos. Porém, segundo o autor, nem todos os historiadores da ciência respondem às questões - Quem? Quando? O quê? Como? E por quê? – as quais se referem ao progresso da ciência, de modo crítico e compreensivo.

Mayr (1998, p. 16) postula algumas formas de apresentação da história da biologia. Entre essas formas estão: *História cronológica* que apresenta a seqüência do tempo para toda espécie de historiografia. Assim, pode-se ter da cronologia um critério indispensável de organização. Porém, segundo Mayr, essa história tem a desvantagem de reduzir todo o problema científico maior à seqüência temporal, devido ao fato de ela enfatizar datas e fatos numa seqüência linear, o que acaba ocultando o problema em questão.

Uma outra forma de apresentação da história definida por Mayr (1998, p. 17) é denominada de *História cultural e sociológica*<sup>15</sup>. Nessa abordagem histórica, os aspectos da ciência são formas de atividades humanas, inseparáveis no meio intelectual e institucional da época, recurso para aqueles que chegam à história da ciência pelos conhecimentos da história geral.

Segundo Mayr, se o historiador de biologia quiser conhecer as causas do surgimento de novos conceitos -caso não opte pela história cultural e sociológica - ele deve analisar cuidadosamente o ambiente cultural e intelectual de um cientista, pois só assim ele entenderá as razões das mudanças que ocorreram nas teorias.

---

<sup>15</sup> Novamente afirmamos que nesta pesquisa não serão analisados os aspectos sociológicos da ciência.

No entanto, essa história, de acordo com Mayr, é uma história muito genérica -pois as atividades humanas ligadas aos aspectos sociais e intelectuais são muito diversificadas – e, portanto, não condiz com os objetivos da história da ciência. Por fim, a *História de problemas* (MAYR 1998, p. 121) caracteriza-se pelo estudo dos problemas e não pelos períodos. Nessa concepção, os problemas científicos são mais bem compreendidos por meio dos estudos da sua história e não da sua lógica. Nessa abordagem é apresentada não apenas a história bem sucedida, mas também as tentativas fracassadas, para a solução dos problemas.

Podemos comparar a história cronológica de Mayr com a história *ilustrativa* de Matthews, sabendo que o critério principal de organização, nessas histórias, é a seqüência dos fatos ao longo dos tempos, o que pode ser crucial para o entendimento do conhecimento científico. Além disso, muitos dos problemas da biologia podem ser mais bem compreendidos por essa abordagem histórica, devido ao fato de ela permitir investigar de como os desenvolvimentos em outros ramos da ciência (Química, Física, etc.) conseguiram influenciar a Biologia.

Já a história de problemas definida por Mayr pode ser comparada com a história *integrada* de Matthews, uma vez que ambas dão ênfase à concentração do cientista atuante e ao seu mundo conceitual, levando em consideração os aspectos históricos e filosóficos da ciência.

A história de problemas e dos conceitos científicos não prestigia os aspectos biográficos e sociológicos da história da Biologia, estes não são decisivos para que se possa “entender o crescimento do pensamento biológico” e, é a partir da história dos problemas e conceitos que podemos alcançar “uma compreensão da estrutura conceitual da biologia” (MAYR, 1998, p. 21). Visto dessa forma, o conhecimento dos problemas envolvidos numa determinada teoria é, de fato, primordial para o entendimento dos conceitos relacionados à ciência.

Se nosso intuito é obter subsídios necessários para a explicação da história e filosofia no ensino de ciência, precisamos nos apoiar em alguma filosofia da ciência que valorize a inserção da história e nos leve à compreensão do desenvolvimento científico. Por isso buscaremos apoio na concepção apresentada pelo clássico de Thomas Kuhn, *A Estrutura das Revoluções Científicas* (1962<sup>16</sup>), que

---

<sup>16</sup> Acima referimos ser a obra de Kuhn trabalhada no ano de 1962. Na verdade, este é o ano da publicação da primeira edição em inglês. Em nosso trabalho utilizaremos a tradução em língua portuguesa feita em 2003.

será nosso principal guia nesta pesquisa<sup>17</sup>, e o qual apresentamos agora.

### **1.1 THOMAS KUHN E A *ESTRUTURA DAS REVOLUÇÕES CIENTÍFICAS***

De acordo com Kuhn (2003, p. 20), alguns historiadores encontram dificuldades no exercício de suas funções, quando essas são a partir do conceito de desenvolvimento por acumulação. Kuhn afirma que a pesquisa histórica com base nesse conceito torna mais difícil a compreensão do assunto estudado e que talvez a ciência não se desenvolva pela acumulação de descobertas e invenções individuais (2003, p. 21). Assim, de acordo com Kuhn o conhecimento científico não cresce de modo cumulativo e contínuo. Ao contrário, esse crescimento é descontínuo e dá-se por saltos qualitativos, os quais não se podem justificar por critérios filosóficos do conhecimento científico. Esses saltos qualitativos, preconizados por Kuhn, ocorrem nos períodos de desenvolvimento científico, em que são questionados e postos em causa os princípios, as teorias, os conceitos básicos e as metodologias, que até então orientavam toda a investigação e toda a prática científica. Dessa forma, a importância atribuída por Kuhn aos fatores históricos na organização do trabalho científico constitui um rude golpe na imagem da ciência que se foi consolidando desde o século XVIII.

Kuhn não atribuiu o triunfo da ciência ao fato de ela seguir à risca uma metodologia de concordância ou de refutação, mas sim por ser conduzida sob a luz de um paradigma.

Kuhn (2003, p. 13) afirma que: “paradigmas são as realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para comunidade de praticantes de uma ciência”.

O paradigma é tão aceito pela comunidade científica que, quando um cientista não chega aos resultados desejados, aceita-se, inicialmente, que o erro é do próprio cientista e não do paradigma. Dito de outra forma: há ciência tão somente onde o paradigma domina.

---

<sup>17</sup> Nossa opção por Kuhn não é fruto de uma comparação nem entre concepções de filosofias de ciências rivais, nem entre outros filósofos que defendem uma concepção próxima da de Kuhn. No entanto, em razão de minha

A vantagem de um paradigma é que ele concentra a pesquisa. Quando não há um paradigma, os investigadores acumulam pilhas diferentes de dados, quase ao acaso, e ficam todos ocupados demais em dar um sentido ao caos e em derrotar as teorias concorrentes para progredir de forma consistente.

Segundo Kuhn, os que trabalham dentro de um paradigma praticam aquilo que ele denomina de *ciência normal*. Assim ensina Kuhn (2003, p. 29), “ciência normal significa a pesquisa firmemente baseada em uma ou mais realizações científicas passadas”. Essas realizações são reconhecidas durante algum tempo por alguma comunidade científica específica e, posteriormente, proporcionam os fundamentos para sua atividade.

Uma das características da ciência normal é o acriticismo, isto é, a ausência de questionamento dos princípios do paradigma, o que não ocorreria no período que ele denomina de pré-ciência. Este seria um período que antecede a ciência normal. Nesse período, a ciência desenvolve-se de forma fragmentada, e falta o consenso entre os cientistas que estão trabalhando nas pesquisas. Esse consenso é fundamental para Kuhn. Por exemplo, vários grupos de pesquisadores trabalham sério e individualmente num determinado problema. Porém, cada um dirige suas pesquisas a seu modo, não seguindo um método e, assim, não há acordo metodológico entre eles.

Para Kuhn é indiferente o fato de eles não se entenderem, o que chama a atenção é a constatação dos pesquisadores não terem um critério comum, pois, se os cientistas se reunissem, para reforçar uma pesquisa, com certeza o trabalho seria fortalecido, tornando-se mais produtivo. Já, na ciência normal, o que prevalece é a não-percepção de novos fenômenos e o desinteresse pela invenção de novas teorias.

Kuhn (2003, p. 44) afirma:

A ciência normal não tem como objetivo trazer à tona novas espécies de fenômeno; na verdade, aqueles que não se ajustam aos limites do paradigma freqüentemente nem são vistos. Os cientistas também não estão constantemente procurando inventar novas teorias, freqüentemente mostram-se intolerantes com aquelas inventadas por outros.

A ciência em estágio normal é aquela que vigia uma estabilidade de certos princípios, ou seja, em um período em que não se colocam em jogo alguns preceitos, como as teorias que se estão desenvolvendo satisfatoriamente. Por exemplo, a genética molecular, atualmente, está sendo satisfatória para a resolução de muitos problemas relacionados à hereditariedade. Ora, se a genética molecular está funcionando muito bem, não há motivo, segundo Kuhn, para pesquisadores buscarem novos preceitos, ou seja, mudar o que está sendo aceito, a não ser que haja um substituto melhor.

Então, durante o período da ciência normal, os cientistas fazem suas pesquisas orientados pelos paradigmas aceitos. Parte de seu trabalho resume-se em levantar novos problemas e tentar solucioná-los de modo semelhante àquele encontrado no paradigma ao qual a sociedade adere. Como os problemas estão sendo resolvidos dentro de um paradigma, os cientistas acabam não se interessando por desenvolver outro.

Pode-se dizer que o paradigma é limitado e, com isso, limita a concentração da pesquisa. A desvantagem do paradigma é que, por ele ter a tendência de ser rígido, fechado, novos avanços científicos tornam-se cada vez mais secretos e acessíveis apenas a quem os consegue praticar. Sendo assim, as pesquisas, potencialmente frutíferas, emperram, pois não caminham embasadas em premissas aceitas. Visto dessa forma, o paradigma é um tipo de obstrução, porquanto, de um lado possibilita descobertas, levando à compreensão de outras coisas, de outro cerceia e ignora completamente outras.

Latour (1998, p.14), por exemplo, utiliza a expressão “caixa preta” para definir os problemas encontrados nas pesquisas científicas. Segundo o autor, não há necessidade de saber o que está contido numa “caixa preta” e sim o que nela entra e o que dela sai.

Atualmente, qualquer máquina ou livro contém o modelo pronto da estrutura do DNA. Assim, o modelo da dupla hélice de Watson e Crick pode ser considerado a “caixa preta” para um pesquisador que queira desenvolver qualquer trabalho com os ácidos nucleicos.

Ele não irá importar-se, seja qual for a posição na qual os fosfatos estarão mais bem localizados, visto que é a partir do modelo definido e aceito do DNA que ele desenvolverá suas pesquisas, situação que foi muito diferente para Watson e Crick, pois, na época, esses pesquisadores encontraram inúmeras

dificuldades para chegar à conclusão de que a estrutura do DNA é uma dupla hélice. Lembramos ainda que naquela época outros grupos de pesquisadores estavam tentando desvendar esse mistério.

Alguns pesquisadores como os do grupo de Rosalind Franklin afirmavam que havia uma hélice de três fitas. Quando o químico Pauling revelou uma estrutura do DNA que infringia todas as leis conhecidas da Química, Watson e Crick receberam ordens de desistir desse trabalho, por ser considerado infrutuoso e que era para retornarem aos estudos mais sérios. Como podemos perceber, são muitas as dificuldades para se chegar a uma conclusão aceita por uma comunidade científica.

Aos nossos olhos, é fácil abrir qualquer livro e deparar com o modelo da dupla hélice pronta. Porém, em 1953, Watson e Crick tiveram muitas dificuldades para definir a estrutura do DNA. A partir dos dizeres de Latour, podemos concluir que a desvantagem do paradigma está associada ao desenvolvimento da pesquisa, já que, por ser considerado fechado, rígido, o paradigma dificulta a abertura de novos caminhos para a realização de novas descobertas.

Assim, os cientistas tornam-se tolhidos, pois a adesão ao paradigma vigente é tão forte que as pesquisas giram somente em torno do paradigma aceito, a não ser que ele não esteja dando conta de resolver todos os problemas existentes nas comunidades científicas.

Diante do exposto, Kuhn (2003, p. 45) assevera:

As áreas investigadas pela ciência normal são certamente minúsculas; ela restringe drasticamente a visão do cientista. Mas essas restrições, nascidas da confiança no paradigma, revelaram-se essenciais para o desenvolvimento da ciência. Ao concentrar a atenção numa faixa de problemas relativamente esotéricos, o paradigma força os cientistas a investigar alguma parcela da natureza com uma profundidade e de uma maneira tão detalhada que de outro modo seria inimaginável.

Latour (1998, p. 16) estabelece dois parâmetros da ciência: *ciência pronta* e *ciência em construção*. Segundo o autor, se compararmos hoje a ciência realizada por Watson e Crick com qualquer ciência voltada ao estudo dos ácidos nucléicos, essa ciência seria considerada *ciência pronta* ao passo que a ciência

atualmente relacionada aos ácidos nucleicos é a *ciência em construção*. Nós, que somos interessados na contribuição da HFC para o ensino, faremos nossa entrada no mundo da ciência e da tecnologia pela porta de trás, a da ciência em construção, e não pela entrada mais grandiosa da ciência acabada (LATOURE, 1998, p. 17).

Um outro exemplo de limitação do paradigma que podemos citar é referente à hereditariedade que está relacionada com a variabilidade dos seres vivos. De acordo com Rose (2000, p. 50), sabemos que tanto Darwin quanto Mendel, entre outros, estavam empenhados em desvendar os mecanismos da hereditariedade. Darwin, porém, acreditava na herança miscível (no sangue) e tinha muitos adeptos, enquanto que Mendel, envolvido em experimentos com ervilhas, concluía que a herança se dava por fatores (genes) que se segregavam aos pares (um de origem paterna e outro materna), os quais determinavam uma característica específica (ROSE, 2000, p. 50).

Bateson e outros pesquisadores aderiram às idéias de Mendel, porém Pearson e outros biometristas aceitavam e confiavam nas idéias de Darwin, a ponto de rejeitarem totalmente os conceitos de Mendel (ROSE, 2000, p. 52). Entretanto, Galton realizou alguns experimentos relacionados à herança, para mostrar que não havia as “gêmulas” circulatórias, as quais Darwin acreditava ser responsáveis pela transmissão dos caracteres hereditários. E esse foi um dos maiores erros de Darwin.

Como a maioria dos pesquisadores da época apoiava as idéias darwinianas, talvez esse tenha sido um dos motivos pelos quais as pesquisas de Mendel foram ignoradas e redescobertas somente muitos anos depois.

Percebe-se que, quando os cientistas aderem a um paradigma prendem-se a ele totalmente, ignorando qualquer contato com outro. E, se, para Kuhn, é assim que a ciência normal funciona, então parece correto concluir que, dado o sucesso do paradigma darwiniano, alternativas, como a de Mendel, tenham sido esquecidas.

É importante registrar que, nesse caso, o sucesso do trabalho de Darwin como paradigma não se estendia à genética, porém à comunidade científica, que em razão do êxito de Darwin em outros campos, não teve dificuldade de aderir aos resultados de Darwin. Desse modo podemos compreender por que, para Kuhn (2003, p. 45), os pesquisadores não estão, freqüentemente, buscando novas teorias: eles estão mostrando-se intransigentes com as teorias inventadas pelos outros.

Assim, a pesquisa científica normal, de acordo com Kuhn, está direcionada para a organização daqueles fenômenos e teorias já propostos pelo paradigma<sup>18</sup>. Entretanto, a teoria de Kuhn, quando aplicada ao ensino de ciências, é possível de provocar algumas críticas. Vejamos agora uma delas.

## 1.2 CRÍTICA DE SIEGEL

Uma das críticas apontadas por Harvey Siegel (1979, p. 111), quanto à opinião de Kuhn é que a ciência educacional não deveria distorcer a história da ciência, considerando como meta do estudante a indicação do paradigma dominante. Conforme Siegel (1979, p. 111), Kuhn argumenta que o “historiador da ciência, a fim de indicar o paradigma, deveria sistematicamente distorcer a história da ciência”, considerando que os textos da ciência, de fato, distorcem sua história, e explica este “fato” a partir do ponto de vista de suas funções científicas normais.

Diante dessa visão sobre a distorção do papel da história da ciência e ciência educacional, Siegel discute sobre os pontos de vista de Kuhn e o critica pela sua visão distorcida da história da ciência, considerando-a incorreta.

Na óptica kuhniana, os textos dos livros didáticos, de fato, distorcem a história da ciência, uma vez que eles são direcionados para “perpetuar a ciência normal”; independentemente, da linguagem escrita nos textos e de seus princípios, eles devem estar voltados ao paradigma dominante (SIEGEL, 1979, p. 111).

Siegel entende que, apesar de os livros de ensino de ciência distorcerem a história da ciência, eles não deveriam fazê-lo; ele defende a importância da história da ciência no ensino, a qual deve ser elucidada de maneira clara e objetiva. Para ele, os livros didáticos são importantes ferramentas para a

---

<sup>18</sup> Entretanto quando os modelos antigos são convincentemente desafiados por novas evidências, os paradigmas sofrem mudanças, pois chega um momento em que o paradigma não resolve mais os problemas, o que acaba gerando uma crise na ciência. Sendo assim, soluções alternativas são procuradas, abrindo-se mão do paradigma vigente. Quando uma dessas soluções é aceita, ocorre uma revolução científica semelhante a uma revolução política. Primeiramente, alguns cientistas se convertem ao novo paradigma e passam a enxergar as coisas de forma diferente. O importante é que a comunidade científica admita o paradigma, pois uma comunidade só sobrevive porque o paradigma vive. Quem adota um paradigma é fiel a ele. Um dos resultados provocados por uma revolução científica é uma nova visão dos cientistas a respeito do passado de sua disciplina. O paradigma substituto não só provoca no cientista uma visão diferente de sua atividade e da natureza, como também faz com que ele reescreva a própria história da disciplina. A partir daí, tudo é visto e reinterpretado de acordo com o novo paradigma. Sendo assim, os cientistas que trabalham dentro de um paradigma não se interessam por outro.

compreensão da pesquisa, visto que somente assim o aluno pode adquirir o hábito de pensar de acordo com o desenvolvimento científico baseado em fatos acontecidos em épocas antigas. Portanto, é necessário que os textos expostos nos livros didáticos tragam toda a história de uma forma não distorcida.

Além de apontar a distorção histórica existente nos livros didáticos, Kuhn teria defendido essa distorção, com argumento de que, para realizar sua função, os livros didáticos não necessitam fornecer informações verdadeiras sobre o modo como as bases do novo paradigma eram reconhecidas no passado e compreendidas pela profissão. Devemos, além disso, apresentar a história da ciência como uma “tradição clara”, mesmo estando cientes de que a tradição não tem sido tão clara, de fato (SIEGEL, 1979, p. 111).

Os textos dos livros didáticos de ciência apostos geralmente numa introdução do capítulo ou em esparsas referências aos grandes heróis da história, contêm apenas um pouco da história. É evidente que os livros didáticos de ciência referem-se apenas àquela parte da pesquisa dos cientistas antigos que podem contribuir para o relato e solução dos problemas dos textos do atual paradigma (SIEGEL, 1979, p. 112).

Dessa forma, os livros didáticos começam por truncar o entendimento dos cientistas sobre a história de suas disciplinas. Sendo assim, Siegel discorda da visão de Kuhn quanto ao papel da história da ciência no ensino e acredita que essa visão distorcida é inadequada para fazer entender o desenvolvimento científico.

Todavia Siegel (1979, p. 113) critica e condena a distorção da história da ciência, no ensino educacional aceita por Kuhn, ele ainda enfatiza que os responsáveis pela educação do estudante não devem, de forma alguma, fugir às suas responsabilidades morais como educadores, nem distorcer os materiais curriculares, em particular no que se refere à história da ciência, no ensino educacional.

Parece claro que a crítica de Siegel é referente ao capítulo 10 da obra de Kuhn. De acordo com Kuhn (2003, p. 176), para preencher suas funções, os livros didáticos não necessitam proporcionar “informações autênticas a respeito do modo pelos quais essas bases foram inicialmente reconhecidas e posteriormente adotadas pela profissão”. Com essas afirmações, Kuhn realmente defende que os livros didáticos não devem apresentar uma história verdadeira para explicar um

problema científico que foi aceito pela comunidade passada. Entretanto, como se modifica não só a linguagem, mas também a estrutura dos problemas e as normas da ciência normal modificam, após cada revolução científica, os livros necessitam ser “parcial ou totalmente reescritos” (KUHN, 2003, p. 177). Todavia, “os manuais começam truncando a compreensão do cientista a respeito da história de sua própria disciplina e em seguida fornecem um substituto para aquilo que eliminaram” (KUHN, 2003, p. 177). Os livros didáticos, segundo Kuhn (2003, p. 177), apresentam apenas trechos da história na introdução do capítulo ou fazem esparsas referências a heróis.

De fato, podemos observar que Kuhn referindo-se à apresentação da história da ciência, nos livros, afirma que a história é apresentada de forma errada e isso acaba gerando confusão a respeito da história da ciência. Porém, considerando o que expomos sobre o entendimento de Kuhn, é preciso levar em conta que ele, apesar de, no capítulo 10, ter apresentado passagens que reforçam o argumento de Siegel, possui razões que, em nosso entender, defendem essa concepção a respeito dos livros. Na próxima seção, procuraremos, levando em conta aquilo que apresentamos na seção anterior, mostrar que Kuhn pode escapar à crítica de Siegel e desse modo continuar a ser um filósofo importante para nossa discussão.

### **1.3 UMA POSSÍVEL RESPOSTA DE KUHN A SIEGEL**

No capítulo 10, da *Estrutura das Revoluções Científicas*, Kuhn (2003, p. 175) reforça a existência e a natureza das revoluções científicas, comentando que os exemplos ilustrados nos capítulos anteriores não são considerados como revoluções, mas sim, como adição ao conhecimento científico. Kuhn acredita que existem excelentes razões para que as revoluções sejam quase invisíveis.

De acordo com Kuhn (2003, p. 176), cientistas e leigos têm uma imagem da atividade científica proveniente de três categorias: a) os *manuais científicos* comunicam através de uma linguagem contemporânea; b) *textos de divulgação* descrevem numa linguagem próxima à vida cotidiana; c) *obras filosóficas*

analisam a estrutura lógica dos conhecimentos científicos. Essas três categorias referem-se a um corpo articulado de problemas, dados e teorias aceitos pela comunidade científica em revoluções passadas. Desse modo, essas categorias, principalmente os manuais, não necessitam fornecer informações verdadeiras da forma pelas quais as bases foram inicialmente reconhecidas e aceitas pela comunidade científica.

Conforme Kuhn (2003, p. 29), muitos livros tornaram-se manuais da ciência normal como, por exemplo, a *Física* de Aristóteles e a *Química* de Lavoisier, servindo para definir implicitamente os problemas e os métodos autênticos da pesquisa para as gerações seguintes. Nesse aspecto, há uma confiança crescente por parte dos praticantes de ciência nos livros didáticos (KUHN, 2003, p. 176). Dessa forma, a pesquisa é realizada de acordo com os ensinamentos contidos nesses livros e as soluções dos problemas buscadas pelos estudantes de ciência serão encontradas nas teorias atuais e não naquelas antigas que já foram descartadas, pois os livros didáticos não se preocupam com o passado.

Kuhn (2003, p. 177) afirma que os livros didáticos são veículos pedagógicos destinados a perpetuar a ciência normal. Portanto, devem ser reescritos imediatamente após cada revolução científica e, uma vez reescritos, devem ocultar a própria existência das revoluções que os produziram (a não ser que o cientista tenha vivenciado uma revolução durante sua vida, ele não terá contato com ela). Assim, os livros didáticos são produzidos somente com base nos resultados de uma revolução científica, servindo de base à nova ciência. Com isso, quando se dedica à ciência normal, o pesquisador tem a tendência de se comportar como um solucionador de quebra-cabeças e não como alguém que testará paradigmas. Os manuais omitem a compreensão do cientista a respeito da história e fornecem um substituto para o que eliminaram.

De acordo com o autor, multiplicar os detalhes históricos apenas geraria um erro e abriria espaço à confusão humana; não há sentido em venerar cientistas do passado que trabalharam em pesquisas não propícias à compreensão do contexto científico atual. Vistos por esse lado, os heróis da ciência passada podem ser descartados em razão da grande acumulação de fatos que só confundiriam a mente humana. Entretanto, segundo Kuhn (2003, p. 178), Whitehead não estava muito correto quando disse que “a ciência que hesita em esquecer seus fundadores está perdida”. De fato a ciência necessita de heróis para o

desenvolvimento científico. O que não se pode, segundo Kuhn, é fazer com que a história da ciência pareça ser linear e cumulativa, chegando a afetar até mesmo os cientistas que examinam suas próprias pesquisas. Conforme afirma Kuhn:

Disso resulta uma tendência persistente a fazer com que a história da ciência pareça linear e cumulativa, tendência que chega a afetar mesmo os cientistas que examinam retrospectivamente suas próprias pesquisas, por exemplo, os três informes incompatíveis de Dalton sobre o desenvolvimento do seu atomismo químico dão a impressão de que ele estava interessado, desde muito cedo, precisamente naqueles problemas químicos referentes às proporções de combinação, cuja posterior solução o tornaria famoso. Na realidade, esses problemas parecem ter-lhe ocorrido juntamente com suas situações e, mesmo assim, não antes que seu próprio trabalho criador estivesse quase totalmente completado. O que todos os relatos de Dalton omitem são os efeitos revolucionários resultantes da aplicação da química a um conjunto de questões e conceitos anteriormente restritos à física e à meteorologia. Foi isto que Dalton fez; o resultado foi uma reorientação no modo de conceber a química, reorientação que ensinou aos químicos como colocar novas questões e retirar conclusões novas de dados antigos (KUHN 2003, p.178).

Outro exemplo de ciência linear e cumulativa citado por Kuhn (2003, p. 179) é o que Newton escreveu sobre a descoberta feita por Galileu, que disse: “a força constante da gravidade produz um movimento proporcional ao quadrado do tempo”.

De acordo com Kuhn, Galileu não fez semelhante afirmação. O relato de Newton teria ocultado parte de uma revolucionária reformulação nos problemas, assim como as respostas dadas pelos cientistas à questão do movimento. Esse disfarce da maioria dos textos contidos nos livros didáticos tende a tornar linear e cumulativo o desenvolvimento da ciência, o que acaba escondendo o processo mais expressivo do desenvolvimento científico.

Segundo Kuhn (2003, p. 180), os exemplos citados acima evidenciam o início de uma reconstrução histórica que comumente se completa por “textos científicos pós-revolucionários”. Essa *distorção*, assim denominada por Kuhn, torna as revoluções invisíveis. O contexto que é aparentemente visível nos textos científicos pressupõe uma visão que, se realmente existisse, acabaria com toda e qualquer função relacionada às revoluções, pois a idéia de linearidade não é compatível, à primeira vista, com a idéia de revolução. Entretanto, de acordo com

Kuhn (2003, p. 180), a ciência não se desenvolve dessa maneira. Poucos “quebra-cabeças” da ciência normal remontam ao início histórico dessa disciplina na qual aparecem atualmente. Assim, os cientistas anteriores ocuparam-se com seus próprios problemas, com seus próprios instrumentos e procedimentos de resolução.

Algumas pessoas, cientistas ou não, acreditam que a maneira ideal, segundo a qual a ciência deve transformar-se é pela evolução gradual, ou seja, cada nova teoria vai-se aperfeiçoando da antiga até chegar à verdade. Essa forma de evolução da ciência é considerada linear. Kuhn não aceita essa forma evolutiva da ciência. Para ele, muitos dos problemas das teorias antigas e contemporâneas são características exclusivas de cada uma, pois os conceitos envolvidos nas duas teorias geralmente têm significados completamente diferentes. Nesse sentido, há uma grande disparidade entre as duas teorias: ambas são diferentes, ou seja, possuem problemas diferentes.

Portanto, Kuhn rejeita a idéia de evolução linear em favor da “revolução científica” pelo fato de haver essa disparidade. Assim a evolução das teorias da ciência, de acordo com Kuhn, não ocorre de forma linear, como geralmente é apresentado nos livros didáticos, mas sim por momentos de rupturas nos contextos científicos.

É comum o livro didático conter um pouco da história, seja na introdução de um capítulo, seja nas referências aos heróis de uma determinada época. Com isso, tanto os profissionais quanto os estudantes sentem-se participantes de toda uma história. O problema é que, para Kuhn, como a citação antes feita já mostrou, os cientistas sentem-se partes integrantes de uma tradição que jamais existiu (KUHN, 2003, p. 177). Sendo assim, os livros didáticos que deveriam servir não só de base para uma nova tradição da ciência normal, servem também para definir implicitamente os problemas e métodos verdadeiros de um campo de pesquisa para as futuras gerações praticantes de ciência, criando uma tradição histórica inexistente.

A maioria dos livros de ciência apresenta a evolução científica de forma contínua ou cumulativa, dando a impressão de que os fatos históricos ocorridos num determinado desenvolvimento científico aconteceram com alguns cientistas que foram adicionando uma a uma suas descobertas a fim de que o problema fosse solucionado. É comum o livro didático conter apenas partes do trabalho de antigos cientistas que contribuíram para a solução dos problemas do

paradigma.

Dessa forma, há impressão de que os cientistas de épocas anteriores trabalharam com os mesmos problemas e utilizaram as mesmas metodologias, fazendo com que a ciência pareça cumulativa. Em virtude disso, nos livros abordados sobre as ciências, o estudante encontra sérias dificuldades para compreender o conteúdo programático, os conceitos e as definições de fatos históricos. Portanto, essa história, segundo Kuhn, é ensinada de uma maneira errada. Um exemplo de abordagem pedagógica em livros de biologia que adotam a evolução contínua, encontra-se no conteúdo da evolução dos seres vivos, abordada no livro de Amabis e Martho (1997, p. 551).

Primeiramente, os autores explicam as idéias relativas à evolução das espécies (uso e desuso) de acordo com Lamarck, dizendo que o mérito atribuído a ele foi devido à atenção dada para o fenômeno da adaptação e para a própria teoria da evolução que, na época não era levada muito a sério e que o erro de Lamarck foi explicar que a atrofia dos órgãos seria herdada pela descendência (transmissão das características adquiridas).

Na seqüência, Amabis e Martho (1997, p. 552) explicam que Darwin lançou a idéia de que a evolução dos seres vivos era dirigida pela seleção natural, sendo então essa a atual teoria aceita para explicar o fenômeno da evolução. O exemplo citado da história evolutiva dos seres vivos de Amabis e Martho (1997, p. 551) nos dá a impressão de que Lamarck explicou a primeira parte da evolução dos seres vivos e a parte final foi desvendada por Darwin. Essa forma de explicação da história da ciência é o que Kuhn denomina de cumulativa, semelhante numa construção com a superposição dos tijolos a uma construção. Podemos comparar essa história com a história *ilustrativa* de Matthews.

Se tomarmos por base a história da evolução das espécies abordada na maioria dos livros-texto, como é o caso da história analisada no livro de Amabis e Martho (1997, p. 551), podemos considerar Lamarck como um predecessor de Darwin<sup>19</sup>. Porém, se levarmos em consideração alguns aspectos da história da evolução, não contidos no livro dos autores mencionados, Lamarck pode não ser considerado como predecessor de Darwin, visto haver dois conceitos envolvidos na história da evolução: o *fato* e o *mecanismo explicativo*.

---

<sup>19</sup> O que segue são anotações de aulas de meu orientador, no curso de pós-graduação em História e Filosofia da Ciência da Universidade Estadual de Londrina (UEL) no ano de 2005.

Se por um lado for levado em conta o *fato* da evolução, Lamarck, assim como outros cientistas, pode ser considerado como predecessor de Darwin; porém, se for analisado o *mecanismo*, Lamarck não pode ser considerado como tal, seu postulado acerca da evolução seria o resultado da soma dos caracteres observáveis nas espécies (hoje conhecido como fenótipo), mas para Darwin, seria a seleção natural (que teria como produto a luta pela sobrevivência seguida da adaptação).

Um outro aspecto que poderia ser levado em consideração na história da evolução das espécies e que colocaria Lamarck como predecessor de Darwin é o “argumento do desígnio”, ou seja, a natureza se desenvolve de acordo com um plano projetado por um *designer*, sendo todas as transformações realizadas por um arquiteto.

Nem Lamarck nem Darwin aceitavam a explicação de desígnio: ambos desejavam uma explicação *natural* para a evolução. Com isso, no que se refere ao *modelo* de explicação, Lamarck poderia ser apontado como um predecessor de Darwin.

Se a história da evolução contida nos livros didáticos esclarecesse os problemas acima citados, provavelmente abriria novos caminhos para o estudante compreender outros problemas relacionados ao desenvolvimento das teorias científicas que lhe serão ensinadas.

Assim, quando for direcionado para o estudo da evolução a partir dos conhecimentos supracitados, o estudante terá, provavelmente, maiores condições de compreender a importância da “seleção natural”, assim como a “evolução das espécies”. Com base nesses conhecimentos, o estudante consegue “enxergar” melhor como a ciência acontece, e essa visão nem sempre é observada com o auxílio da história que está sendo apresentada nos livros didáticos.

O que analisamos na história da evolução contida no exemplo de Amabis e Martho (1997, p. 551), assim como na maioria dos livros didáticos, é que Lamarck sempre foi considerado como um predecessor de Darwin. Essa imagem da ciência é a que Kuhn tem como incorreta, pois mesmo que Lamarck e Darwin tenham trabalhado, por vezes, num mesmo conjunto de problemas, nem sempre utilizaram estratégias idênticas, fato que nem sempre é abordado nos livros didáticos, o que acaba camuflando o desenvolvimento científico.

O conhecimento da história para Kuhn é tido como bastante

importante. Talvez possamos dizer que, para ele, a história não seja como um conteúdo a mais para o conhecimento na educação científica, mas sim um complemento capaz de tornar o estudante ou o candidato à cientista um solucionador de problemas. Nesse caso, um estudante fica mais apto a resolver problemas caso saiba, por exemplo, que a dupla hélice foi construída a partir de vários elementos biológicos associados aos da química, como, por exemplo, o comportamento das bases timina-adenina, citosina-guanina, as quais permanecem pareadas, o que permitiu aos pesquisadores definir que “os intervalos da dupla hélice têm a mesma forma” (LATOURE, 1998, p. 28). Esses elementos foram essenciais para que Watson e Crick elaborassem o modelo do DNA aceito atualmente. Essa história mostra as dificuldades que Watson e Crick tiveram para elaborar a teoria que abriu novos caminhos para o desenvolvimento da ciência.

Portanto, um estudante pode procurar a carreira científica com as melhores motivações, mas é a educação científica que o levará a procurar tão-somente provar seu valor e que ele é um ser capaz de dar respostas aos “quebra cabeças” da ciência<sup>20</sup>.

Sem dúvida, Kuhn dá grande importância aos livros didáticos, pois, segundo ele, estes são utilizados como instrumentos pedagógicos capazes de formar os novos cientistas de acordo com o paradigma atual. E isso tem implicações no ensino, pois ensinar a dupla hélice, por exemplo, a partir dos textos contidos nos livros didáticos deixa parecer à impressão que foi muito fácil para Watson e Crick descobrir a estrutura do DNA, o que na realidade não foi. Portanto, a árdua história de Watson e Crick, deveria segundo Kuhn, ser explicada nos livros-textos.

---

<sup>20</sup> De acordo com Kuhn (2003, p. 59), quebra-cabeça significa “aquela categoria particular de problemas que servem para testar nossa engenhosidade ou habilidade na resolução de problemas”.

## **CAPÍTULO 2**

Neste capítulo, lembraremos alguns acontecimentos importantes de um episódio da história da ciência referente ao problema da origem da vida. Esse episódio encontra-se em diversos livros didáticos de nível médio de Biologia e servirá para vermos como a história da ciência está sendo apresentada nos livros didáticos.

Em seguida, serão apresentadas cinco categorias que serão retomadas do capítulo 1: linearidade; ciência normal; paradigma; quebra-cabeça e relação teoria/experimento. Tentaremos associar essas categorias com a história reconstruída do problema da origem da vida. O objetivo dessa associação é tornar mais compreensível tanto o capítulo 1, como a análise que realizaremos da história da ciência apresentada nos livros didáticos de biologia do ensino médio. Escolhemos o problema da origem da vida por ser um assunto que envolve dois paradigmas, abiogênese e biogênese, e também porque a maioria dos livros didáticos do ensino médio de Biologia contém este assunto.

### **2.1 RECONSTRUÇÃO HISTÓRICA DO PROBLEMA DA ORIGEM DA VIDA**

O conhecimento da teoria celular foi uma das mais importantes realizações na história da Biologia, sendo visto até hoje como a base fundamental para a explicação da estrutura e funcionamento dos organismos animais e vegetais. Tal importância decorre do fato de que essa teoria estabelece que as células são as unidades básicas morfofisiológicas dos seres vivos e “que elas são as menores unidades capazes de ter vida independente”, isto é, são capazes de obter e utilizar substâncias do meio para produzir e manter o ser vivo (MOORE, 1986, p. 20).

Um outro fato importante decorrente do desenvolvimento da teoria celular é a possibilidade do entendimento dos níveis mais complexos de organização dos seres vivos, a partir da análise dos níveis mais simples. Assim, no século XX, os cientistas pensavam que se conhecessem melhor as células, poderiam saber mais sobre a vida. Com o desenvolvimento da teoria celular, também foi possível

conhecer o mundo dos microrganismos e então esclarecer como os seres vivos surgiram.

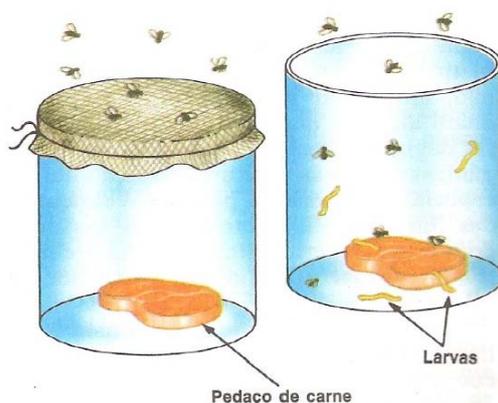
Até o início do século XIX, a comunidade científica não se preocupava com a questão da origem da vida; muitos cientistas e filósofos acreditavam que os seres vivos nasciam da matéria bruta inanimada do meio, ou seja, pela geração espontânea ou abiogênese. A aceitação da geração espontânea se baseava, geralmente, na crença de que existiam verdadeiras “receitas” para produzir seres vivos, desde vermes, insetos, e até crocodilos; para isso bastava utilizar matéria orgânica em estado de putrefação (ZAIA, 2003, p. 260).

Não muito além de um século atrás, as pessoas aceitavam facilmente que certos animais, tais como sapos, cobras e camundongos poderiam nascer de solos úmidos. Uma das receitas para a produção de camundongos era ensinada por Johann Baptista van Helmont (1577–1697), grande adepto da geração espontânea: dever-se-ia colocar num jarro algumas roupas suadas e cobri-las com trigo; 21 dias após surgiriam os camundongos. É evidente que, estando aberto, no jarro poderia entrar o animal em busca de alimento. Naquela época, não se levou em conta que os ratos poderiam vir de fora (ZAIA, 2003, p. 260).

Em meados do século XVII, a abiogênese começou a perder suas forças com os experimentos do físico italiano Francesco Redi. Em 1668, antes das descobertas da existência dos microrganismos realizadas em 1683 por van Leeuwenhoek, Redi, que era um forte cientista oponente da geração espontânea, começou a demonstrar que as larvas de insetos não se originavam espontaneamente de carnes em putrefação.

Ele demonstrou que as larvas de insetos surgem de ovos depositados pelas moscas na carne em decomposição. Redi realizou seu experimento da seguinte forma: colocou um pedaço de carne de cobra em uma caixa aberta e observou algumas larvas na carne em putrefação, as quais se transformaram em moscas adultas.

Em seguida, Redi utilizou carne fresca de cobra, dividiu-a em duas partes, colocando, numa caixa aberta uma parte exposta; e a outra parte, embrulhada num pano, numa outra caixa, cobrindo-a (fig. 1). O resultado foi que, na caixa aberta, surgiram ovos e larvas de moscas e, na caixa fechada, Redi não observou nenhum ovo nem larvas.



**Figura 1** – Experimento de Redi. Fonte: Lopes (1996, p. 33).

Com isso, Redi concluiu que, na caixa aberta, as moscas vinham e depositavam seus ovos, os quais se transformavam nas larvas e estas em moscas adultas e, na caixa coberta com o pano, nenhuma mosca conseguiu entrar e, por essa razão, não surgiram nem ovos, nem larvas e nem moscas (ZAIA, 2003, p. 260).

De acordo com Zaia (2003, p. 260), os resultados dos experimentos de Redi, apesar de simples, foram um duro golpe na geração espontânea, porém alguns cientistas mantiveram-se resistentes, defendendo a abiogênese, pois eles acreditavam que pequenos organismos, como os “animálculos” de Van Leeuwenhoek, poderiam surgir de materiais não-vivos.

Em 1745, a geração espontânea foi fortalecida, quando o naturalista inglês John Turberville Needham descobriu que os fluidos nutrientes, mesmo depois de aquecidos e antes de colocados em frascos fechados, quando resfriados, ficavam contaminados com microrganismos.

Needham demonstrou sua conclusão por meio do seguinte experimento: colocou extratos em frascos de vidros que foram submetidos à ebulição e, logo em seguida, lacrados hermeticamente. Alguns frascos ele fechou com rolhas. Após alguns dias, ele verificou que em todos os frascos havia microrganismos; o que, porém, ele não sabia é que antes de os frascos serem lacrados o ar contaminado de micróbios penetrava nos mesmos. Isso fez com que os defensores da geração espontânea acreditassem, ainda mais, que os microrganismos poderiam ser formados a partir da matéria bruta.

Vinte anos após os resultados de Needham, o cientista italiano Lazzaro Spallanzani advertiu que os micróbios existentes no ar poderiam ter

penetrado nas soluções de Needham após estas terem sido fervidas. Spallanzani repetiu a experiência que Needham havia realizado, mas com uma diferença: ferveu o caldo de carne por uma hora, deixou um frasco lacrado para impedir a entrada de ar e tampou um outro com uma rolha.

Após alguns dias, Spallanzani observou que o frasco lacrado permaneceu estéril e o arrolhado estava contaminado com microrganismos. Needham não aceitou o resultado de Spallanzani, dizendo que, ao ferver o caldo de carne por muito tempo, teria destruído a “força vegetativa” capaz de gerar novos seres.

Essa “força vegetativa” imaginária foi salientada pouco tempo após os resultados de Spallanzani, quando Lavoisier expôs a importância do oxigênio para os seres vivos. Assim, os experimentos de Spallanzani foram criticados pelo fato de que nos frascos lacrados não havia oxigênio suficiente para manter a vida dos microrganismos. Needham insistia que o ar era essencial para a vida e também para a abiogênese. Como a maioria da opinião pública comungava da mesma idéia de Needham, a abiogênese continuou acreditada (TORTORA; FUNKE; CASE, 2003, p. 6).

Spallanzani não se deu por vencido. Voltou ao seu laboratório, quebrou a boca de um dos seus frascos e ouviu o ruído do ar saindo. Para saber se o ar estava entrando ou saindo do frasco, Spallanzani repetiu o experimento, utilizando uma vela acesa próxima ao gargalo e concluiu que o ar estava entrando, devido à ação da chama e, quando este era aquecido, o ar se expandia e saía. Spallanzani preparou novos frascos, colocou água e sementes e vedou a boca dos mesmos sob a chama, em seguida, fez com que o gargalo se afinasse, esticando o. Novamente aqueceu-os, vedou-os e, em seguida, quebrou-lhes as pontas junto a uma vela acesa para demonstrar que o ar não estava entrando. Após alguns dias, Spallanzani verificou que nos frascos preparados e aquecidos, não surgiam os micróbios. Assim, a polêmica da “força vegetativa” deixou de existir (RAW; SANT’ANNA, 2002, p. 22).

O cientista alemão Rudolf Virchow, em 1858, desafiou os adeptos da geração espontânea, preconizando que células vivas poderiam originar-se somente a partir de outras células vivas preexistentes, ou seja, pela biogênese.

Em 1847, após realizar estudos sobre a reprodução de animais superiores, o médico naturalista Félix Pouchet debruçou-se sobre a questão da

abiogênese, realizando muitas experiências que pareciam provar a existência da geração espontânea. Em seus experimentos com infusões esterilizadas de chá de feno ao mercúrio constatou que na mistura havia crescimento de vida orgânica (MARTINS, 1989, p. 11).

No entanto, o ilustre químico Pasteur assegurou que, se, no experimento em questão, surgiu vida, ao introduzir-se ar esterilizado na infusão de feno, era porque o ar ou o mercúrio estava contaminado. Pasteur realizou muitos experimentos que confirmaram a geração espontânea, porém como ele não acreditava que um ser pudesse surgir espontaneamente, optou por acreditar que existia alguma falha em seus experimentos (MARTINS, 1989, p. 14).

Um teste que se destacou foi o de Pasteur, que utilizou frascos expostos ao ar em elevada altitude, ocasionando a réplica de Pouchet. Pasteur verificou que os frascos abertos em locais altos, nas montanhas, raramente, se alteravam, enquanto que em lugares mais baixos contaminavam-se. Pouchet contestou esses resultados e repetiu os experimentos de Pasteur apenas com uma pequena diferença: utilizou uma lima aquecida para abrir os frascos e não uma torquês, como o fez Pasteur (COLLINS e PINCH, 2003:127).

A conclusão foi que os fragmentos de vidro que caíam na infusão estavam contaminados pela lima. Uma outra diferença entre o experimento de Pasteur e o de Pouchet é que Pasteur utilizou infusões de levedura e Pouchet, infusões de feno. Hoje, se sabe que certos esporos resistem a fervuras em infusões de feno (COLLINS; PINCH, 2003, p. 127).

Segundo Martins (1989, p. 15), no “dia 30 de janeiro de 1860, a Academia de Ciências de Paris propôs um prêmio no valor de 2.500 francos (Prêmio Alhumbert) ao melhor trabalho que esclarecesse a questão das gerações espontâneas”.

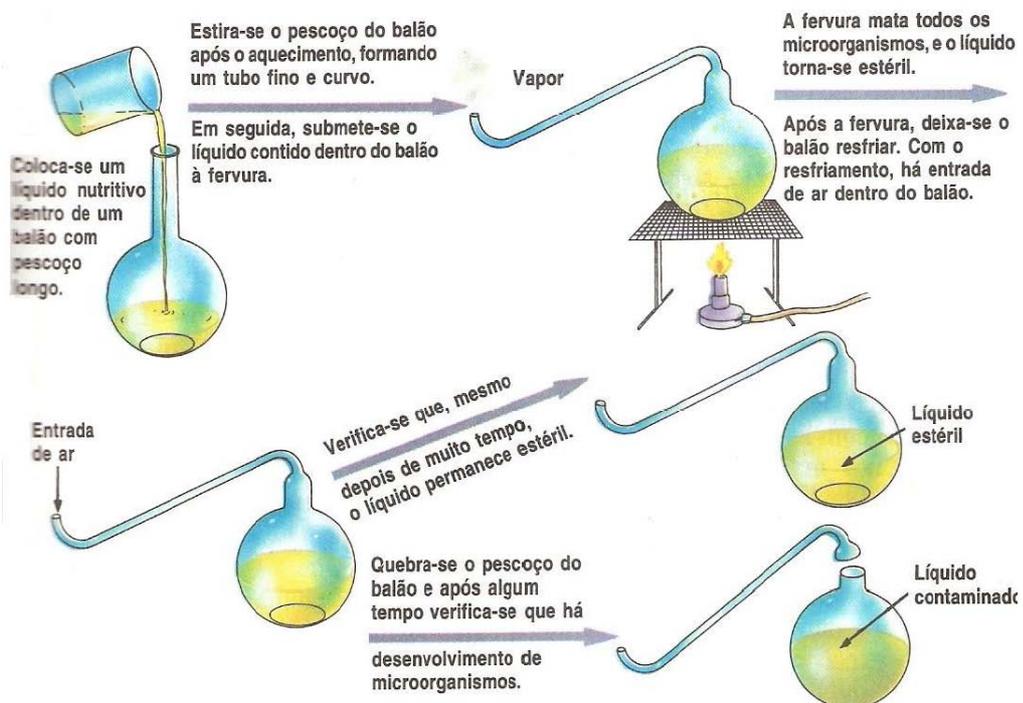
Tanto Pouchet quanto Pasteur se inscreveram, com seus trabalhos, da premiação, porém Pouchet acabou desistindo de participar, porque tudo indicava que os membros da Academia de Ciências de Paris eram favoráveis aos trabalhos de Pasteur.

Uma das evidências favoráveis aos trabalhos de Pasteur foi o fato

de que os membros da referida Academia eram opositores do darwinismo<sup>21</sup> que, naquela época, acreditava-se ser favorável à geração espontânea. Portanto, é evidente que, caso se colocasse um fim à geração espontânea, também se acabaria com o darwinismo. No dia 29 de dezembro de 1862, o prêmio foi entregue ao único participante da premiação: Pasteur.

Pasteur demonstrou que os micróbios existiam no ar e poderiam infectar soluções que aparentavam ser estéreis, além de que o ar, por si só, não poderia criar microrganismos. Ele colocou líquido nutritivo (água, lêvedo de cerveja e suco de beterraba) em balões de vidro com gargalos estreitos e longos, que foram aquecidos ao fogo e recurvados de modo a semelham um “pescoço de cisne” (fig.2).

Pasteur ferveu o líquido dos frascos para matar os microrganismos que ali se encontravam. Após a fervura, os frascos foram lentamente resfriados para que os microrganismos presentes no ar fossem retidos nos gargalos curvos dos balões, que funcionavam como filtro (COLLINS; PINCH, 2003, p. 119).



**Figura 2** – Experimento de Pasteur. Fonte: Lopes (1996, p. 35).

<sup>21</sup> Martins (1989:28) explica que: “Darwin, cuidadosamente evita se posicionar sobre o problema. Após dizer os motivos que levaram Lamarck a aceitar a geração espontânea, afirma: “A ciência ainda não provou a verdade desta crença, ou seja o que for que o futuro nos revele” (DARWIN, *The origin of species*, p. 61). Mas era natural que tanto os opositores quanto os adeptos da geração espontânea (por exemplo, ROHAUT, *Transformisme*) vissem uma conexão entre essas idéias”.

Após a apresentação do experimento de Pasteur, passaram-se mais de 60 anos até que a comunidade científica voltasse a questionar o problema da origem da vida. Uma das razões dessa demora foi a quantidade de informações obtidas a respeito da morfologia (formação) e das reações que acontecem no interior da célula, responsáveis pela grande complexidade na constituição dos seres vivos.

Outro fator importante foi o desenvolvimento científico-tecnológico que tornou possível estudar a composição química das estrelas pela espectroscopia, desencadeando discussões a respeito da idade e formação da Terra e do Sistema Solar.

Assim, a afirmação de que a Terra era muito antiga e que uma competição entre moléculas poderia ter acontecido até o surgimento do primeiro ser vivo, contribuíram para que muitos cientistas pensassem que os experimentos de Pasteur não seriam suficientes para excluir a possibilidade da geração espontânea, porém tais experimentos não poderiam ser feitos num curto espaço de tempo, como defendiam os adeptos da abiogênese (ZAIA, 2003, p. 261).

Segundo Zaia (2003, p. 261), Darwin foi o primeiro a propor a teoria segundo a qual os seres vivos nasciam da matéria bruta, por meio do aumento da complexidade das substâncias formadas nas reações químicas; porém, Darwin não divulgou suas idéias.

Em 1924, o bioquímico russo A. I. Oparin propôs uma teoria para explicar a origem da vida e, em 1929, independentemente de Oparin, o geneticista inglês J. B. S. Haldane propôs semelhante teoria. Esta proposta, hoje, é conhecida como hipótese<sup>22</sup> de Oparin-Haldane.

De acordo com Oparin-Haldane, na atmosfera primitiva do nosso planeta existiam gases como metano (CH<sub>4</sub>), amônia (NH<sub>3</sub>), hidrogênio (H) e vapor de água (H<sub>2</sub>O). Sob altas temperaturas e descargas elétricas, esses gases foramse combinando e formando biomoléculas (aminoácidos, lipídios, açúcares, purinas,

---

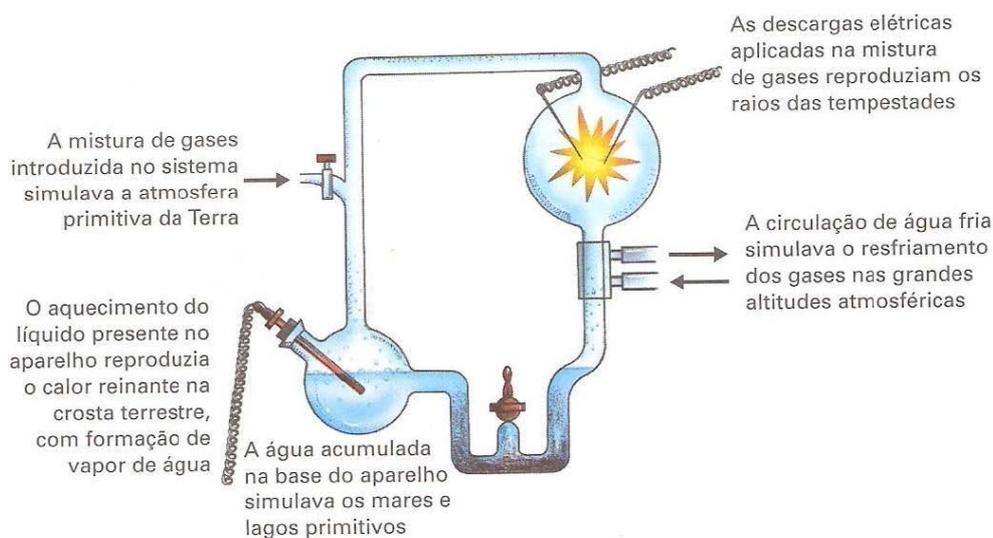
<sup>22</sup> Segundo Zaia (2003, p. 261), a tentativa de explicação da origem da vida proposta por Oparin-Haldane conduz os cientistas a pensarem na possibilidade da existência de vida em outros planetas, pois, se em outros planetas houver condições adequadas, provavelmente existirá vida neles. Existe também a possibilidade de que a vida não se originou aqui na Terra e sim que ela pode ter surgido em outro planeta e posteriormente ter-se imigrada para cá. Zaia refere: “Darwin foi o primeiro a escrever uma proposta de que a vida poderia ter surgido da matéria inanimada, através de reações químicas. Porém, não despendeu tempo desenvolvendo tais idéias ou mesmo divulgando-as” (2003:261). Se a hipótese de Oparin-Haldane estiver correta, então a vida pode surgir da matéria inanimada, por abiogênese. Isso quer dizer que, alguém poderia produzir um ser vivo em laboratório a partir da matéria não-viva? É correta a hipótese de Oparin-Haldane? Podemos perceber que a ciência nunca esta pronta, acabada, sempre há questionamentos em busca de respostas para tentar entender o ser vivo em seu mundo.

pirimidinas, etc); para que essas moléculas se unissem formando biopolímeros (moléculas grandes como as proteínas) transcorreram milhões de anos; após os quais essas macromoléculas uniram-se para formar os coacervados (agregados de proteínas em meio aquoso).

Com o passar desses milhões de anos, reações químicas começaram a ocorrer no interior dos coacervados até acontecer a formação da “primeira coisa viva”. Vale a pena lembrar que existem muitas definições do que é um ser vivo -nesta teoria é considerado ser vivo aquele que é capaz de captar substâncias do meio ambiente e transformá-las em energia (metabolismo), gerar descendentes (reprodução) e poder se transformar (evoluir) (ZAIA, 2003, p. 261).

A primeira demonstração experimental para tentar comprovar a hipótese de Oparin-Haldane foi realizada em 1953, com um aparelho construído por Stanley Miller e seu professor Harold Clayton Urey (fig. 3). Esse aparelho foi construído de tal forma que se pudessem reproduzir as supostas condições existentes na terra primitiva. Miller e Urey colocaram uma mistura dos gases amônia, metano, hidrogênio e vapor de água, para fazer as vezes da terra primitiva, submetendo essa mistura a descargas elétricas para simular as tempestades que teriam acontecido nos primórdios, em nosso planeta. O aparelho continha um condensador para resfriar a mistura dos gases, fazendo com que o vapor da água se condensasse, escorresse e se acumulasse na parte inferior do aparelho.

Miller e Urey simularam as chuvas que se armazenavam nos lagos, rios, mares e oceanos. Com um aquecedor ferveram a água acumulada para transformá-la novamente em vapor, representando, assim, a evaporação da água das chuvas. O resultado foi um líquido acumulado na parte inferior do aparelho, o qual continha diversos compostos, entre os quais os aminoácidos alanina e glicina. Atualmente, há muitos questionamentos a respeito dos gases presentes na atmosfera primitiva. Alguns cientistas defendem que os gases mais abundantes eram o gás carbônico (CO<sub>2</sub>) e o nitrogênio (N<sub>2</sub>) (ZAIA, 2003, p. 261).



**Figura 3** – Experimento de Miller e Urey. Fonte: Amabis e Martho (1997, p.8).

## 2.2 ESTRUTURAÇÃO DA ANÁLISE HISTÓRICA

A análise a seguir é referente à reconstrução do problema da origem da vida, envolvendo as seguintes categorias: linearidade; ciência normal; paradigma; quebra-cabeça e relação teoria/experimento. Estas categorias apareceram no capítulo 1 desta pesquisa. Portanto, retomaremos o texto sobre o problema da origem da vida apresentado, neste capítulo 2, os acontecimentos deste texto, relacionando-os com as categorias apresentadas no texto do capítulo 1.

Identificamos como linearidade a seqüência da história que pode ser entendida, desde sua origem até os dias atuais, seguindo uma linha reta de pensamento, como, por exemplo, alguns autores o fazem, ancorados nas idéias de Aristóteles, asseverando que a geração espontânea surgiu há mais de 2 mil anos, idéia posteriormente reforçada pelo experimento de produção de camundongos proposta pelo biólogo Helmont. Dando seqüência à história linear, são apresentados os experimentos realizados em 1668, pelo cientista que tentou combater a geração espontânea, Francesco Redi, para, em seguida, serem exibidos os trabalhos favoráveis à abiogênese, realizados em 1745 pelo padre naturalista Needham, e as pesquisas contrárias à geração espontânea feitas em 1776 pelo biólogo italiano

Spallanzani.

A seqüência da idéia de linearidade está nas experiências feitas por Pasteur, em 1862, quando este cientista “colocou fim” à geração espontânea. Para completar e finalizar a história linear pode ser apresentada a hipótese de origem da vida, defendida por Oparin, em 1924, e o reforço desta hipótese por meio dos experimentos de Miller, em 1953.

A ciência normal tem como base as pesquisas realizadas dentro de um paradigma, com o objetivo de solucionar os problemas que vão surgindo. Consideramos como ciência normal o período vigente em que as pesquisas são realizadas de acordo com um paradigma universalmente aceito, como o sustentado a respeito da existência dos micróbios e, também, da abiogênese de camundongos. Esses dois exemplos nos mostram que a abiogênese, sendo o paradigma da época, quando se pensava que os micróbios e os camundongos nasceriam da matéria inanimada.

Se, conforme entende Kuhn (2003, p. 13), paradigma são “as realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções, modelares para a comunidade de praticantes de uma ciência”, podemos considerar como paradigma as realizações científicas, quando se baseiam num único conhecimento como, por exemplo, o sustentado a respeito da geração espontânea.

Dizemos ser a geração espontânea a idéia de que os seres vivos surgiam da matéria inorgânica. Quando se conheceu a existência dos microrganismos, os pesquisadores acharam impossível que os micróbios pudessem reproduzir-se. Quando, porém, se deram conta de que esses seres insignificantes eram seres vivos, passaram a acreditar que eles só poderiam surgir por abiogênese.

Como vimos, geralmente, tenta-se solucionar os problemas de acordo com um paradigma. Mas, logo que não se é capaz de dar conta dos problemas surgidos, o paradigma começa a enfraquecer-se, podendo, como conseqüência, surgir outro paradigma considerado melhor para resolver as questões que o anterior não conseguiu.

Os problemas a que se procura dar solução, segundo um paradigma, podem ser considerados como peças de um quebra-cabeça que, aos poucos, vai-se montando. Para Kuhn (2003, p. 59), quebra-cabeça é “aquela categoria particular de problemas que servem para testar nossa engenhosidade ou

habilidade na resolução de problemas”. Visto dessa forma, o problema da origem da vida é uma das peças do quebra-cabeça que se quer montar, obedecendo-se ao paradigma da abiogênese para resolvê-lo. O conhecimento da existência dos micróbios foi um problema (quebra-cabeça) que surgiu no paradigma da abiogênese, porém ele não teve sustentação para solucionar o problema da origem dos micróbios, perdeu forças e foi substituído por outro melhor (biogênese). Como a ciência nunca está pronta e sempre existirão problemas na sua evolução, podemos levantar outro exemplo de quebra-cabeça para o paradigma da biogênese: existe vida em outro planeta?

Quanto à questão da relação teoria/experimento podemos atentar para as idéias de Arruda, Silva e Laburú (2001): “teoria e experimento não são independentes e antagônicos, mas contribuem ambos para a estruturação do paradigma”, portanto, teoria/experimento contribuem para estruturar ou até mesmo para reforçar um paradigma.

Podemos perceber que, na maioria das vezes, existe uma relação de “simbiose” entre uma teoria e um experimento, pois ambos se fortalecem, quando juntos dão estrutura para o paradigma do momento. Quanto a isso podemos aceitar que o experimento realizado por Miller fortalece e ajuda a estruturação da teoria de origem da vida proposta por Oparin. Um outro exemplo que nos possibilita observar que a relação entre teoria/experimento dá estrutura a um paradigma é o experimento de Pasteur, realizado com balões do tipo “pescoço de cisne”, que permitiram estruturar e fortalecer a biogênese.

Vimos aqui a relação existente entre as categorias abordadas no capítulo 1 desta pesquisa e o problema da origem da vida. Com isso, temos uma visão mais clara das idéias kuhnianas, as quais nos permitem relacionar a história da ciência ao problema da origem da vida abordada nos livros didáticos de Biologia do ensino médio.

## **CAPÍTULO 3**

Neste capítulo, serão apresentadas algumas descrições e análises de um episódio da história da biologia: a origem da vida. Para isso, utilizaremos alguns livros de Biologia do ensino médio, os quais nos ajudarão a perceber como a história da ciência está sendo apresentada nos livros didáticos destinados aos alunos e aos professores do nível médio.

Graças à disponibilidade dos livros existentes e ao livre acesso a eles, escolhemos quatro livros que serão descritos e analisados: Favaretto e Mercadante (2003); Sônia Lopes (1996); Amabis e Martho (1997) e Sídio Machado (2003). Em seguida, relacionaremos a descrição desses livros com algumas categorias, tais como: linearidade; ciência normal; paradigma; quebra-cabeça e teoria/experimento, que apresentamos nos capítulos 1 e 2 dessa pesquisa. Com isso teremos um parâmetro que nos auxiliará para verificarmos como os livros didáticos de Biologia do ensino médio apresentam a história da ciência.

### **3.1 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA DA ORIGEM DA VIDA APRESENTADA NO LIVRO DIDÁTICO DE FAVARETTO E MERCADANTE**

Favaretto e Mercadante (2003, p. 111) lembram que, há mais de 2.000 anos, Aristóteles lançou postulados, pelos quais os seres vivos surgiam em virtude da existência de um princípio ativo ou vital, capaz de produzir matéria viva a partir de matéria bruta, quando em condições favoráveis.

Segundo os autores (2003, p. 111), o médico, biólogo e pesquisador de fisiologia vegetal, Jean Baptiste van Helmont, ensinava a produzir camundongos a partir de camisa suada e grãos de trigo, sob a ação do princípio ativo. Porém, era evidente que Van Helmont não utilizava método científico para tal experimento, pois, se o empregasse, com certeza, os resultados seriam diferentes, por exemplo, se ele colocasse uma camisa num lugar aberto e outra dentro de uma caixa fechada. Mas como o pensamento da época estava voltado somente para a abiogênese, ninguém questionava o experimento.

Favaretto e Mercadante (2003, p. 111) explicam que, em 1668, começaram a surgir grandes pensadores que passaram a contestar a geração espontânea. O médico e biólogo Francesco Redi fez experimentos para provar a origem dos insetos, colocando pedaços de carne em frascos abertos e em frascos fechados, para observar a quantidade de larvas surgidas dentro deles. Porém, os defensores da abiogênese contestaram, dizendo que, no frasco fechado não havia entrada de ar e, em razão disso, as larvas não conseguiam desenvolver-se. Os autores (2003, p. 111) dizem que René Descartes e Isaac Newton, dois grandes pensadores de todos os tempos, eram defensores da abiogênese e isso fortalecia ainda mais a idéia da origem da vida.

Segundo Favaretto e Mercadante (2003, p. 111), alguns avanços tecnológicos como, por exemplo, o desenvolvimento do microscópio, reforçaram idéias falsas, pelo fato de que os pesquisadores, ao observarem pelo microscópio gotas de água, acharam inexpressivos os inúmeros seres minúsculos que existiam no material observado.

Os autores (2003, p. 111) explicam que, em 1745, o padre naturalista inglês, John Needham, realizou algumas experiências com caldos nutritivos, imaginando o surgimento dos microrganismos por abiogênese. Em 1776, o padre e biólogo italiano, Lazzaro Spallanzani, repetiu as experiências de Needham. Em 1859, o cientista francês, Félix Pouchet, publicou uma obra em defesa da geração espontânea e, em 1860, foi ofertado pela Academia Francesa um prêmio para o pesquisador que conseguisse realizar um experimento que provasse a abiogênese.

De acordo com os autores (2003, p. 112), por volta de 1860, o cientista francês Louis Pasteur já havia demonstrado que o ar continha micróbios e que estes causavam infecção. Mas, foi em 1862, que Pasteur demonstrou, numa experiência, em que utilizou frascos com gargalos retorcidos, que um ser vivo não nasce espontaneamente, ou seja, para nascer há necessidade de um outro preexistente: biogênese.

Na seqüência, os autores (2003, p. 113) apresentam a hipótese proposta por Oparin e Haldane, em 1924, aceita atualmente, para explicar a origem da vida no Universo. Segundo essa hipótese, os seres vivos teriam surgido como resultado lento e gradual de transformações de algumas substâncias simples como metano, amônia, hidrogênio e vapor de água, dando origem às unidades básicas de

formação dos seres vivos. Posteriormente, tal hipótese foi confirmada pelo experimento de Stanley Miller, em 1953, que foi apresentado por Favaretto e Mercadante (2003, p. 113).

### **3.1.1 Categorias presentes no livro de Favaretto e Mercadante**

Na apresentação histórica do problema da origem da vida exibida no livro didático de Favaretto e Mercadante (2003, p. 111), identificamos a presença de algumas categorias: I) a linearidade, existente nos momentos em que os autores apresentam, numa seqüência de períodos, vários cientistas, tais como Aristóteles, Helmont, Redi, Needham, Spallanzani, Pasteur, Haldane, Oparin e Miller e seus trabalhos relacionados com o problema da origem da vida; II) a ciência normal, notada quando Favaretto e Mercadante exibem a “receita para produção de camundongos”, visto que a abiogênese estava funcionando muito bem e, portanto, não havia o que questionar, naquela época; III) a existência de um paradigma, visível no momento em que é apresentado o conhecimento da vida dos micróbios, pois os cientistas tentaram solucionar o problema da origem desses seres minúsculos de acordo com a abiogênese (que era o paradigma, naquele momento).

### **3.1.2 Análise da Apresentação do Problema da Origem da Vida Exibido no Livro Didático de Favaretto e Mercadante**

Com relação ao livro didático de Favaretto e Mercadante (2003), podemos observar que os autores descrevem diversos fatos, datas, cientistas e seus experimentos, dando a impressão que os mesmos, no que se refere ao problema da origem da vida, foram feitos ao longo do tempo, por vários cientistas, que se dedicaram à mesma pesquisa e com o mesmo objetivo, cada um contribuindo com uma parcela e, numa seqüência, em períodos diferentes. A esse respeito, podemos ver, no livro de Favaretto e Mercadante (2003, p. 111), um exemplo de história linear de pesquisa, quando os autores relatam:

Há mais de 2 mil anos, Aristóteles lançou postulados que nortearam por muito tempo diversas áreas do conhecimento. Suas idéias sobre a origem da vida, por exemplo, baseavam-se na existência de um princípio ativo (ou princípio vital), capaz de produzir matéria viva a partir de matéria bruta.

Por essa citação, fica evidente para nós que, desde a época de Aristóteles, os cientistas se preocupavam com o problema da origem da vida e que o mesmo foi sendo solucionado ao longo do tempo.

Ao afirmarem que a origem da vida, na época de Aristóteles, baseava-se num princípio vital, os autores dão a entender ao leitor que os conhecimentos atuais acerca da origem da vida foram produto de idéias e pesquisas seqüenciadas numa linha de mesmo pensamento. Sabemos que, de acordo com Kuhn, não foi assim que a história da origem da vida ocorreu e que a história não se dá de forma linear e sim por saltos qualitativos.

Existem, no livro de Favaretto e Mercadante (2003, p. 111), exemplos certos sobre a origem da vida, graças aos quais entendemos o que Kuhn (2003, p. 29) denomina de “ciência normal”. Podemos citar, por exemplo, o trecho em que os autores registram:

[...] para o pensamento dominante da época, a geração espontânea era algo tão evidente que não tinha de ser testado [...] os preconceitos e suposições dos cientistas a respeito do assunto sobre o qual estão investigando podem influenciar o método de execução dos experimentos e sua interpretação.

Como vimos, no capítulo 1 desta pesquisa, a ciência normal é a estabilidade de certos princípios, durante determinado período, em que não se colocam em dúvida alguns preceitos ou teorias, que estão sendo desenvolvidos satisfatoriamente, como foi o caso da abiogênese durante uma época.

Podemos constatar que, no entender de Kuhn, a abiogênese estava sendo muito bem aceita, e não havia motivos para os pesquisadores criar novos preceitos ou alterar a maneira de pensar a respeito da abiogênese.

Para Kuhn (2003, p. 45), “as áreas investigadas pela ciência normal são certamente minúsculas; ela restringe drasticamente a visão do cientista”.

Percebemos, ainda, que a abiogênese era um paradigma naquela

época e como a sua tendência é limitar, estreitando o campo da pesquisa, os avanços científicos são restritos, tornando-se acessíveis apenas aos membros da comunidade. Conforme os dizeres de Kuhn (2003, p. 44), “um paradigma pode ser muito limitado, tanto no âmbito como na precisão, quando de sua primeira aparição”. Visto dessa forma, o paradigma pode limitar muitos conhecimentos e impedir novos desenvolvimentos científicos. Podemos constatar isso nos seguintes dizeres de Favaretto e Mercadante (2003, p. 111):

[...] quando os pesquisadores viram, em uma gota de água, grande quantidade de seres minúsculos, acharam-nos muito insignificantes para que pudessem se reproduzir. Julgaram que só poderiam aumentar em número por abiogênese.

Como vimos na citação acima, na época em que a teoria da abiogênese era considerada o paradigma vigente, as pesquisas científicas giravam em torno dessa teoria. Quando os pesquisadores tiveram conhecimento da existência dos micróbios, por meio do microscópio, a teoria da abiogênese parecia ser tão forte que os cientistas ignoravam qualquer outra parte digna que pudesse contradizer o que universalmente se aceitava como definido. Se o paradigma não fosse tão limitado, os pesquisadores tenderiam a “olhar com outros olhos” a origem desses seres tão minúsculos.

Com relação à apresentação dos trabalhos e das idéias de alguns cientistas famosos, como, por exemplo, Aristóteles, a impressão que nos fica é a de que a história que lemos no livro didático de Favaretto e Mercadante (2003, p. 111) mostra que ela não é utilizada como instrumento para a compreensão do conteúdo e sim para a ilustração deste. Podemos observar esse fato quando os autores iniciam o assunto com estas palavras:

[...] há mais de 2 mil anos, Aristóteles lançou postulados que nortearam por muito tempo diversas áreas do conhecimento. Suas idéias sobre a origem da vida, por exemplo, baseavam-se na existência de um princípio ativo (ou princípio vital), capaz de produzir matéria viva a partir de matéria bruta, quando em condições favoráveis.

Sabemos que as idéias de Aristóteles foram importantes para o desenvolvimento científico, porém, em se tratando do problema da origem da vida, relatado nos livros didáticos, elas, talvez, não contribuam para o entendimento do assunto, uma vez que podem servir apenas para ilustrar a história. Já comentamos no capítulo 1 desta pesquisa que Kuhn (2003, p. 177) esclarece:

É característica dos manuais científicos conterem apenas um pouco de história, seja um capítulo introdutório, seja, como acontece mais freqüentemente, em referências dispersas aos grandes heróis de uma época anterior. Através dessas referências, tanto os estudantes como os profissionais sentem-se participando de uma longa tradição histórica. Contudo, a tradição derivada dos manuais, da qual os cientistas sentem-se participantes, jamais existiu.

Vemos uma história *ilustrativa* também num outro trecho do livro de Favaretto e Mercadante (2003, p. 112) sobre o problema da origem da vida. Pedimos escusas ao leitor pela extensa citação que faremos, mas ela é necessária para demonstrar que Pouchet, dificilmente, é contemplado nos livros didáticos e, quando algum autor o apresenta, ele aparece como mais um personagem para ilustrar a história. Confira a veracidade dessa afirmação no seguinte tópico de Favaretto e Mercadante (2003, p. 112):

[...] Houve forte objeção contra os resultados de Spallanzani, principalmente dos seguidores de Needham. Eles diziam que Spallanzani havia “torturado” os caldos nutritivos, aquecendo-os a uma temperatura alta por tanto tempo que destruíra o princípio ativo, e que seus frascos fechados impediam a entrada do ar, essencial para a abiogênese. Mudanças em conceitos antigos são lentas. A contestação apresentada por Needham foi suficiente para derrubar os resultados convincentes (pelo menos para nós) dos trabalhos de Spallanzani. Em 1859, o cientista francês Félix Pouchet publicou uma extensa obra, reunindo os argumentos que lhe pareciam mais conclusivos em defesa da hipótese da abiogênese. A questão tornava-se tão intrincada, irritante e passional que, em 1860, a Academia de Ciências de Paris instituiu um prêmio para o pesquisador que realizasse experimentos esclarecedores sobre a questão.

Nessa época, o cientista francês Louis Pasteur já havia demonstrado que o ar representa uma fonte de microrganismos e que eles são causadores de infecções. São famosos seus estudos sobre a contaminação e a conservação dos alimentos e a respeito da importância dos métodos de esterilização. Os trabalhos de Pasteur e os de François Appert possibilitaram o desenvolvimento da indústria de alimentos em conserva e da pasteurização. Em 1862, Pasteur

elaborou um engenhoso experimento em que diversos caldos nutritivos eram colocados em frascos de vidro. Aquecia os gargalos de alguns frascos, tornando-os maleáveis, e os curvava (frascos de pescoço de cisne). Outros frascos permaneciam com o gargalo curto e reto. A seguir, fervia durante alguns minutos os caldos. Nos frascos de pescoço reto, ocorria rápida contaminação do caldo; nos frascos de pescoço de cisne, mesmo depois de meses, os caldos permaneciam claros e sem germes. Como os frascos ficavam abertos, não se podia falar da impossibilidade de entrada de ar. Com a curvatura do gargalo, os microrganismos do ar ficavam retidos na superfície interna úmida e não alcançavam o caldo. Quando Pasteur quebrava o longo pescoço de um frasco, em um ou dois dias o caldo era invadido por bactérias e fungos, exatamente como nos frascos de gargalo reto. Isso também acontecia quando o frasco era inclinado, de modo que o caldo entrasse em contato com a poeira acumulada na curvatura. Simples e completo, o experimento não permitiu contra-argumentação: não impedia a entrada do ar com o imaginado princípio ativo, pois mantinha os frascos abertos e preservava a capacidade de os caldos desenvolverem vida, o que acontecia quando os frascos eram quebrados ou inclinados. Pasteur foi contemplado com o prêmio da Academia de Ciências. A partir de então, os críticos da biogênese calaram-se. Nova interrogação passou a ocupar as mentes dos investigadores: como surgiram os primeiros organismos vivos?

Na citação acima, podemos verificar que os autores apenas ilustram Pouchet, que foi, conforme observamos apresentado como um cientista “fracassado”, que, simplesmente, publicou uma obra com suas idéias e depois saiu de cena. Todo o mérito coube a Pasteur. Ora, sabemos que não foi assim que aconteceu. Os experimentos de Pasteur não foram nem simples nem completos, como Favaretto e Mercadante referem; muito ao contrário, exigiram muito esforço de Pasteur e de outros cientistas que tentavam desvendar o enigma da origem da vida. Pasteur realizou vários experimentos e foi muito persistente nas suas idéias, pois ele sabia o que era certo e o que era errado nos seus resultados (COLLINS; PINCH, 2003, p. 129).

Todavia, Pasteur tinha como defensores os membros da Academia de Ciências de Paris e isso contribuiu (e muito) para fortificá-lo. Seus experimentos foram objetos de muitas contra-argumentações, porém, se eles não fossem contra-argumentados, Pasteur não teria realizado suas pesquisas nas montanhas. Havia um equilíbrio entre as idéias de Pasteur (biogênese) e as idéias de Pouchet (abiogênese). Portanto, expor que os experimentos de Pasteur foram simples e completos e não permitiram contra-argumentação, seria mais uma ilustração de mais

um personagem da história do problema da origem da vida.

Outro trecho que podemos considerar como história *ilustrativa* no livro de Favaretto e Mercadante (2003, p. 111) é aquele em que os autores afirmam que “René Descartes e Isaac Newton – dois dos maiores pensadores de todos os tempos – foram ilustres defensores da abiogênese”.

Retomando o capítulo 1 desta pesquisa, vimos que, para Matthews, essa abordagem histórica, ou seja, *ilustrativa*, possui um problema: ela não permite uma integração entre o conteúdo ensinado e a história dos principais aspectos desse conteúdo, pois com essa complementação não haveria separação entre o conteúdo e sua história. Para que isso ocorra, Matthews (1994, p. 71) assevera que um conteúdo de ciências deve levar em conta não apenas a história, mas também os aspectos filosóficos que estão presentes no desenvolvimento das teorias científicas, sobretudo o próprio fato de que uma abordagem filosófica pode auxiliar a alcançar a integração desejada. Uma abordagem filosófica, nesse caso, seria a apresentação das pesquisas realizadas por Pouchet, pois pelo que se percebe, havia um equilíbrio entre os trabalhos de Pouchet e os de Pasteur.

Que a história relatada no livro de Favaretto e Mercadante (2003, p. 112) é *ilustrativa* podemos constatar em um outro excerto desses autores, quando eles relatam o seguinte:

Nessa época, o cientista francês Louis Pasteur já havia demonstrado que o ar representa uma fonte de microrganismos e que eles são causadores de infecções. São famosos seus estudos sobre a contaminação e a conservação dos alimentos e a respeito da importância dos métodos de esterilização. Os trabalhos de Pasteur e os de François Appert possibilitaram o desenvolvimento da indústria de alimentos em conserva e da pasteurização. Em 1862, Pasteur elaborou um engenhoso experimento em que diversos caldos nutritivos eram colocados em frascos de vidro. Aquecia os gargalos de alguns frascos, tornando-os maleáveis, e os curvava (frascos de pescoço de cisne). Outros frascos permaneciam com o gargalo curto e reto. A seguir, fervia durante alguns minutos os caldos. Nos frascos de pescoço reto, ocorria rápida contaminação do caldo; nos frascos de pescoço de cisne, mesmo depois de meses, os caldos permaneciam claros e sem germes.

Notamos que nessa ilustração há apenas uma informação, praticamente sem relação com o assunto, e que os autores destacam essa

informação em um texto referente aos trabalhos de Pasteur. Como vimos no capítulo 1 desta pesquisa, nessa abordagem histórica, ou seja, *ilustrativa*, não importa a forma como ela é contada, pois seu conhecimento não é requerido para que o estudante apreenda o conteúdo estudado, podendo ser considerada também como *ilustrativa*, devido ao fato de ela servir apenas como ilustração.

Dessa forma, a história seria uma espécie de apêndice do conteúdo ministrado, algo como um *box*, no qual se contaria uma história de algum conceito científico. Vale a pena lembrar que não queremos dizer que essa abordagem não tenha seus méritos, mas apenas que ela não está inserida diretamente no conteúdo. Como afirmou Silva (2004b, p. 8-9), dessa forma, o livro didático se apresenta como “historiograficamente instruído”, nele a história *ilustra* apenas o conhecimento principal, não servindo de subsídio para a compreensão do conteúdo que está sendo estudado.

### **3.2 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA DA ORIGEM DA VIDA APRESENTADA NO LIVRO DIDÁTICO DE SÔNIA LOPES**

Lopes (1996, p. 33) inicia o assunto apresentando as idéias da origem da vida. Para isso, explica que atualmente a idéia da biogênese é aceita com facilidade, porém, no passado, acreditou-se na abiogênese. A abiogênese, de acordo com a autora, surgiu de um erro de interpretação de fatos cotidianos como, por exemplo, o surgimento de moscas nas carnes em putrefação. A interpretação precipitada de que as moscas nascem de cadáveres em putrefação levou os cientistas de uma época a admitir que a carne em decomposição transformava-se em moscas. A autora explica que na época não se dispunha dos meios de observação hoje disponíveis (LOPES 1996, p. 33).

Na seqüência, Lopes (1996, p. 33) apresenta os experimentos realizados por Francesco Redi em 1860, nos quais ele utilizou frascos abertos e fechados para acompanhar o surgimento e desenvolvimento de insetos na carne. Tais foram, como explica a autora, as primeiras experiências contra a abiogênese.

A seguir, Lopes (1996, p. 34) argumenta que, com a utilização do microscópio, o mundo dos micróbios foi revelado, possibilitando desvendar o

mistério da origem desses seres vivos.

Segundo a autora (1996, p.34), por volta de 1745, John T. Needham demonstrou em experimentos que, em vários tipos de infusão, em recipientes fechados ou não, apareciam microrganismos, concluindo que existia uma “força vital” especial, responsável pelo aparecimento das vidas microscópicas. Com isso, Needham defendia a geração espontânea. Em 1770, o cientista italiano Abbey Lazzaro Spallanzani fez sérias críticas aos experimentos de Needham, provando que o aquecimento prolongado de substâncias orgânicas não propiciava o desenvolvimento de microrganismos. Entretanto, Needham saiu fortalecido, o que consolidou ainda mais a abiogênese.

De acordo com Lopes (1996, p. 34), por volta de 1860, Louis Pasteur realizou experimentos com balões do tipo “pescoço de cisne” e conseguiu, definitivamente, provar que os seres vivos nascem a partir de outros preexistentes, colocando um ponto final na geração espontânea. Pasteur detectou, ainda, a presença de micróbios no ar atmosférico.

Na seqüência, Lopes (1996, p. 35) explica que esclarecida a origem dos seres vivos, uma outra pergunta começa a instigar os cientistas: Como foi que se originou o primeiro ser vivo?

Por fim, a autora apresenta a hipótese de origem da vida proposta na década de 20, por Oparin e Haldane.

### **3.2.1 Categorias presentes no livro de Sônia Lopes**

Lopes (1996, p. 33) apresenta o problema da origem da vida a partir das seguintes categorias: I) a linearidade nos é transmitida em vários trechos, como, por exemplo, quando a autora refere que hoje aceitamos que os seres vivos surgem por meio da biogênese, porém no passado o entendimento era outro. O trecho que relata que a concepção atualmente aceita é o resultado de pensamentos anteriores nos conduz à idéia de linearidade; II) constatamos que a autora expôs a hipótese de origem da vida proposta por Oparin e Haldane e não mencionou o experimento de Miller. Como vimos, há uma relação entre teoria/experimento, pois ambos contribuem para estruturar o paradigma. Neste sentido, o experimento de Miller seria

uma espécie de reforço da teoria de Oparin e Haldane.

### **3.2.2 Análise da Apresentação do Problema da Origem da Vida Exibido no Livro Didático de Sônia Lopes**

No livro de Lopes (1996, p. 33), vemos que a autora inicia o problema da origem da vida apresentando:

Hoje aceita-se facilmente a idéia de que os seres vivos originam-se de outros seres vivos: é o que chamamos de biogênese. No passado, entretanto, essas noções não eram aceitas e as tentativas de explicação eram bem diferentes.

Essa idéia, transmitida por Lopes, segundo a qual a atual concepção da origem da vida foi o resultado de conhecimentos preexistentes nos conduz a uma idéia de linearidade. Quanto a isso, Kuhn (2003, p. 178) afirma que existe “uma tendência persistente a fazer com que a história da ciência pareça linear e cumulativa, tendência que chega a afetar mesmo os cientistas que examinam retrospectivamente suas próprias pesquisas”. Como mencionamos no capítulo 1 desta pesquisa, essa idéia não deve prevalecer e é esse o entendimento de Kuhn (2003, p. 178), fazer com que a história da ciência não pareça linear e cumulativa, chegando a afetar até mesmo os cientistas que examinam suas próprias pesquisas.

Mais adiante, a autora apresenta os trabalhos de alguns cientistas como, por exemplo, Redi, Needham, Spallanzani e Pasteur que pesquisaram o problema da origem da vida. Expõe também que o pesquisador Pasteur demonstrou por meio de um experimento a solução do problema. Lopes (1996, p. 34), por exemplo, salienta:

Louis Pasteur, por volta de 1860, através de seus célebres experimentos com balões do tipo “pescoço de cisne”, conseguiu provar definitivamente que os seres vivos originavam-se de outros seres vivos.

Essa citação indica o momento em que a história apresentada por Lopes parece ser linear e cumulativa. A autora, ao dizer que Pasteur provou definitivamente a origem dos seres vivos, dá-nos a entender que havia um problema a ser solucionado e que vários cientistas trabalharam para solucioná-lo, e, ainda, que Pasteur simplesmente encontrou a solução. Percebe-se, nesse trecho, que cada pesquisador deu sua parcela de contribuição e que se unindo todas elas, chegou-se enfim à explicação para a origem da vida. Isso pode levar o aluno a pensar que a ciência é algo pronto e acabado e não em construção.

A ciência, nas palavras de Kuhn (2003, p. 180), não é como o que ocorre “num processo freqüentemente comparado à adição de tijolos a uma construção, os cientistas juntaram um a um os fatos, conceitos, leis ou teorias ao caudal de informações proporcionados pelo manual científico contemporâneo”. Talvez a ciência não evolua dessa forma, pois em cada geração os cientistas trabalham com os problemas da sua época, utilizando suas “ferramentas” para tentar dar uma solução para o problema.

No entanto, ao apresentar Pasteur, a autora enaltece o cientista, tornando-o um “herói”, o responsável pela solução do problema. Para ela, os demais eram “vilões”, só cometeram erros, só fizeram confusões. A história, apresentada dessa forma, pode ser considerada também como *ilustrativa*, pois dá a entender que Pasteur resolveu o problema com muita facilidade. No entanto, nem todos acreditam que tenha sido tão fácil como Lopes apresenta.

Não queremos, de forma alguma, tirar o mérito do brilhante cientista Pasteur, pois a sua contribuição na solução do problema da origem da vida, que muito afligia a comunidade da época, foi muito importante. Porém, a autora, ao expor como foi solucionado o problema da abiogênese, personalizou demais a história, destacando Pasteur como o único “herói”. Se Lopes tivesse relatado as controvérsias havidas entre Pasteur e Pouchet, o assunto exposto poderia ter sido mais bem entendido, pois como apresentamos no capítulo 1 desta pesquisa, “a história da ciência é o cerne para a solução de problemas na busca de um entendimento do mundo em que vivemos” (MAYR, 1998, p. 15).

Segundo Collins e Pinch (2003, p. 116), “tendemos a acreditar que a concepção moderna foi moldada de maneira rápida e decisiva”. É essa imagem que Lopes (1996, p. 34) transmite ao apresentar Pasteur como o finalizador da geração espontânea.

Podemos perceber que os resultados alcançados por Pasteur e apresentados no livro didático de Lopes dão a impressão de que a biogênese foi provada de forma definitiva, mas nós sabemos que não foi bem assim. Convém ressaltar que, naquela época, houve manobras políticas, ridicularização e críticas; no entanto Pasteur atraiu fazendeiros, cervejeiros e médicos para suas idéias e isso enfraqueceu Pouchet.

Collins e Pinch (2003, p. 125) afirmam que, no século XIX, “as disputas científicas eram resolvidas, nomeando-se comissões da Academia Francesa de Ciências, sediada em Paris para decidir a questão”. A Academia ofereceu um prêmio “àquele que, por meio de experimentos bem conduzidos, trouxesse novos esclarecimentos à questão da assim chamada geração espontânea” (COLLINS; PINCH, 2003, p. 125). Nessa época, os cientistas pensavam que a geração espontânea estivesse relacionada com o darwinismo. Então, como muitos pesquisadores da Academia Francesa não apoiavam a teoria da evolução de Darwin, o secretário dessa Academia aproveitou o momento para tentar derrubar Darwin e seus seguidores.

Pouchet, defensor da abiogênese apresentou os relatórios dos resultados de seus experimentos para a comissão da Academia. Porém, como a maioria dos membros da Academia era opositora às idéias de Darwin, esta não apoiou os resultados dos trabalhos de Pouchet. De acordo com Collins e Pinch (2003, p. 125), “todos os membros da comissão não simpatizavam com as idéias de Pouchet e alguns anunciaram suas conclusões antes mesmo de examinar os relatórios”. Com isso, Pouchet decidiu retirar-se da disputa, “deixando que Pasteur recebesse, incontestado, o prêmio” (COLLINS; PINCH, 2003, p. 125).

Assim, na tentativa de atacar Darwin, destruíram as idéias da abiogênese de Pouchet. Portanto, segundo Collins e Pinch (2003, p.129), “os que consideram, que a ciência está justificada porque “deu tudo certo” no final, deveriam pensar novamente”, pois sabemos que havia possibilidade de os experimentos de Pasteur darem errado, como, por exemplo, poderia ocorrer com alguns esporos que são resistentes ao aquecimento de 100°C, mas Pasteur sabia o que poderia considerar erro e o que poderia contar como resultado.

Podemos destacar aqui a importância e a força de um paradigma. Vimos que os franceses rejeitaram os trabalhos de Pouchet e isso os deixou predispostos a refutar qualquer contato com outro paradigma, pois, uma vez aceito

um, não se adere a outro. Com isso, o paradigma torna-se tão rígido e fechado que não dá margens para novas descobertas e essa é uma de suas desvantagens, pois os cientistas que aderem a um paradigma prendem-se totalmente a ele, ignorando qualquer forma de contato com outro. Portanto, não percebemos a noção de paradigma, no trecho do livro didático de Lopes, quando esta autora apresenta os trabalhos de Pasteur.

No que diz respeito à relação entre teoria e experimento, podemos concluir que, como a maioria dos livros didáticos apresenta o experimento de Miller, Lopes, ao tratar do problema da origem da vida, não o menciona. De acordo com Zaia (2003, p. 261), esse experimento foi a primeira evidência para comprovar a hipótese atual de origem da vida proposta por Oparin e Haldane.

Se considerarmos as idéias de Popper sobre a importância da experimentação numa teoria, podemos dizer que, para ser considerada como verdadeira, uma hipótese ou teoria deve ser comprovada, pois elas são passíveis de falseamento; caso contrário, não podem ser tomadas como científicas, sendo, portanto, a experimentação “um instrumento de detecção do erro”. Vista dessa forma, a ciência é compreendida como um processo de “superação de teoria por meio do contraste empírico, o que levaria a uma aproximação sucessiva da realidade por meio de teorias cada vez mais verdadeiras” (ARRUDA; SILVA; LABURÚ, 2001).

Com isso, as teorias científicas, na visão de Popper, são aquelas que “passam pelo crivo do experimento ou, pelo menos, as que produzem conseqüências empiricamente testáveis” (ARRUDA; SILVA; LABURÚ, 2001). Para Popper, os experimentos refutam uma teoria ou a confirmam; ou seja, o experimento tem como função apenas confirmar ou refutar as teorias.

Entretanto, de acordo com as idéias de Arruda, Silva e Laburú (2001), “teoria e experimento não são independentes e antagônicos, mas contribuem ambos para a estruturação do paradigma”; havendo, nesta visão, uma ligação entre a teoria e o experimento, no sentido de reforçar a articulação do paradigma. Um exemplo disso é a construção de aparelhos, que contribuem para a solução de problemas, como a máquina de *Atwood* na mecânica newtoniana.

Freqüentemente a teoria do paradigma está diretamente implicada no trabalho de concepção da aparelhagem capaz de resolver o problema. Sem os Principia, por exemplo, as medições feitas com a máquina de Atwood não teriam qualquer significado (KUHN, 2003, p. 48).

De acordo com as idéias kuhnianas, no desenvolvimento da ciência, as atividades experimentais estão inseridas nos processos pela ciência normal, como também estão relacionadas aos momentos de crise e formação de novos paradigmas. Assim, os problemas abertos, quando um novo paradigma é proposto, serão objetos de estudo no decorrer da atividade normal da ciência (ARRUDA; SILVA; LABURÚ, 2001).

Para Kuhn (2003, p. 54), alguns dos problemas da ciência “visam simplesmente à clarificação do paradigma por meio de sua reformulação”, uma vez que reformulações semelhantes de um mesmo paradigma aconteceram sucessivamente em todas as ciências. Todavia, os problemas surgidos em decorrência da articulação do paradigma são concomitantemente experimentais e teóricos, como o exemplo da máquina de Atwood acima citado.

Retomando o capítulo 2 desta pesquisa, lembramos que o conhecimento da teoria celular foi uma das mais importantes realizações na história da Biologia; sabemos que a maioria das células são invisíveis a olho nu e para o seu conhecimento foi necessário o uso de um instrumento que permitisse a visualização de células: o microscópio.

Segundo Moore (1996, p. 14), a Citologia nasceu no dia 15 de abril de 1663, quando Hooke apresentou sua observação em cortiça para seus colegas da *Royal Society* em Londres. “Esse era o início de dois séculos de observações e experimentações que estabeleceram a Teoria Celular”. Entretanto, a importância das células somente se conheceu após a proposta da hipótese de que todos os organismos vivos eram constituídos de células ou de produtos celulares.

Morre refere: “Essa hipótese foi formulada e testada no começo do século XIX e está associada principalmente a três cientistas: R. J. H. Dutrochet, Matthias Jacob Schleiden e Theodor Schwann” (MOORE, 1996, p. 15). Podemos constatar que a experimentação foi muito importante para a estruturação da Teoria Celular e que, uma vez aceita esta teoria, vários cientistas trabalharam utilizando, na maioria das vezes, instrumentos para resolver os problemas surgidos nesse novo

paradigma.

Se teoria e experimento, segundo Arruda, Silva e Laburú (2001), contribuem para a articulação do paradigma, então, o experimento de Miller é um exemplo que serviu para reforçar uma teoria proposta. Vendo dessa forma, acreditamos que a apresentação da hipótese de Oparin e Haldane, juntamente com o experimento de Miller, pode tornar mais compreensível o conteúdo, uma vez que a presente pesquisa é referente à apresentação da história da ciência nos livros didáticos e estes são geralmente utilizados por estudantes ou leigos no assunto.

Em se tratando da história da ciência exposta em livros didáticos, que é a questão central da nossa pesquisa, vemos que Lopes, ao apresentar o problema da origem da vida, não mencionou o experimento de Miller. O fato de Lopes não o ter apresentado, não significa que a hipótese de origem da vida proposta por Oparin e Haldane, aceita atualmente, não foi apresentada.

### **3.3 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA DA ORIGEM DA VIDA APRESENTADA NO LIVRO DIDÁTICO DE AMABIS E MARTHO**

Amabis e Martho (1997, p. 5) iniciam o assunto da origem da vida, explicando que a abiogênese tornou-se inconsistente após os experimentos de Redi e Pasteur. Redi começou a investigar a origem dos seres vivos a partir de observações de moscas voando em torno de cadáveres e supôs que os vermes pudessem ser larvas originadas dos ovos dessas moscas.

De acordo com Amabis e Martho (1997, p. 6), a origem dos micróbios dividiu a comunidade científica em duas opiniões: os que acreditavam que os micróbios originavam-se por geração espontânea e os que defendiam que os seres microscópicos originavam-se de “sementes” presentes no ar. Essa dúvida permaneceu até meados do século XIX, quando Louis Pasteur demonstrou, em seus experimentos, que os micróbios resultam da contaminação da matéria por microrganismos (ou por esporos) existentes no ar (AMABIS; MARTHO, 1997, p. 7).

Segundo Amabis e Martho (1997, p. 7), ao ruir a teoria da geração espontânea, surgiram entre os cientistas algumas dúvidas: Como e de que maneira surgiu o primeiro ser vivo e em que época? A teoria aceita atualmente para a origem

da vida e explicada pelos autores, é aquela que leva os cientistas a admitir que os primeiros seres vivos surgiram espontaneamente na Terra primitiva e evoluíram ao longo do tempo, dando origem às espécies atuais.

Na seqüência relata-se que Miller e Urey (1997, p. 8) construíram, em 1953, um aparelho no qual foram reproduzidas as supostas condições existentes na Terra primitiva. Os autores relatam o experimento de Miller e Urey, esclarecendo a biogênese.

Amabis e Martho (1997, p. 9) explicam que a formação dos coacervados pode ter sido um fator importante para o aparecimento dos seres vivos, pois, a partir do momento em que um agregado de moléculas adquiriu a capacidade de se organizar e se multiplicar, a vida surgiu.

### **3.3.1 Categorias presentes no livro de Amabis e Martho**

Na apresentação histórica do problema da origem da vida, feita no livro de Amabis e Martho (1997, p. 6), identificamos as seguintes categorias: I) a noção de paradigma está claramente visível no momento em que os autores referem que a teoria da geração espontânea começa a perder sua força, após as demonstrações dos trabalhos de Redi, os quais foram responsáveis por suas idéias; II) a história não-linear e a integrada vêm expressas no trecho em que os autores não apresentam os trabalhos de Needham e Spallanzani; III) a linearidade é detectada no momento em que se diz que os experimentos de Pasteur derrubou definitivamente a geração espontânea; IV) a história ilustrativa está presente nos momentos em que os autores enfocam teoria/experimento, uma vez que, como vimos, eles contribuem para a estruturação do paradigma; V) o paradigma da abiogênese, relatado por Amabis e Martho, no caso da origem dos micróbios, é como um quebra-cabeça, pois a partir do conhecimento da existência desses seres surgiu um problema – qual a origem desses seres?

### 3.3.2 Análise da Apresentação do Problema da Origem da Vida Exibido no Livro Didático de Amabis e Martho

Amabis e Martho (1997, p. 6) apresentam as pesquisas de Redi, destacando que foi a partir dos resultados desse pesquisador que a teoria da geração espontânea começou a perder força, surgindo duas linhas de pensamento em consequência do conhecimento da existência dos microrganismos – uma que admitia a geração espontânea e a outra que atribuía o nascimento dos micróbios das sementes existentes no ar. Então vemos que, a partir daí, o paradigma vigente, a abiogênese estava em crise: no âmbito da ciência normal os problemas persistiam.

Como já comentamos no capítulo 1 desta pesquisa, para Kuhn (2003, p. 13) “paradigmas são as realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para a comunidade de praticantes de uma ciência”. No entanto, quando há algum problema formulado dentro do paradigma e os cientistas, com utilização dos recursos unicamente do paradigma, não encontram solução, isso acaba gerando uma crise na ciência e buscam-se soluções alternativas, as quais podem vir a romper o paradigma vigente e, no momento em que uma delas é aceita, ocorre o que Kuhn denomina de “revolução científica”.

Alguns cientistas aderem ao novo paradigma e passam a “enxergar” as coisas de maneira diferente. É o que aconteceu com o paradigma da abiogênese, visto que esta não solucionou os problemas dentro do paradigma e, por isso, os cientistas começaram a buscar soluções alternativas; quando uma destas foi encontrada formou-se um novo paradigma que é a biogênese (DUTRA, p. 1999).

Como vimos, a teoria de Kuhn afirma que a pesquisa científica normal está direcionada para a organização daqueles fenômenos e teorias já proporcionados pelo paradigma, porém, quando aplicada ao ensino de ciência provoca algumas críticas, como as de Siegel, por exemplo. A crítica de Siegel é contra a distorção da história da ciência no ensino, que percebemos na apresentação da história do problema da origem da vida, contida no livro de Amabis e Martho (1997, p. 6), quando eles silenciaram sobre os trabalhos de alguns cientistas, como Needham e Spallanzani.

Segundo Siegel, a história não pode ser distorcida, ela deve, sim,

ser apresentada com todos os fatos ocorridos ao longo do tempo, como, por exemplo, os trabalhos dos cientistas Needham e Spallanzani devem ser apresentados, para que o leitor (leigo ou não) perceba que eles também contribuíram para solucionar o problema da origem da vida. Por outro lado, Kuhn aceita que a história seja, de certa forma, distorcida, podendo-se silenciar alguns fatos para que o assunto seja melhor compreendido, pois o acúmulo de informações lineares, segundo Kuhn (2003, p. 178), pode gerar confusão na mente do aluno, tornando o assunto menos compreensível. A história não-linear defendida por Kuhn seria justamente a que oculta certos fatos que não são necessários para o entendimento do conteúdo que está sendo apresentado.

Podemos ver um exemplo de história não-linear e *integrada* na passagem do livro de Amabis e Martho (1997, p. 7), que silencia sobre os trabalhos de Needham e Spallanzani. A história vista por esse lado é distorcida, porém, nas idéias kuhnianas, o fato de não serem relatados os trabalhos de Needham e Spallanzani, não significa que a ciência não se desenvolve, ou seja, que o paradigma vigente (que é, de certa forma, o que nos interessa) fica menos compreensível, pois se podemos “encurtar” o caminho para chegarmos ao destino, por que não o fazer?

Com relação à linearidade, observamos que Amabis e Martho (1997, p. 7), assim como Lopes, destacam Pasteur como solucionador do enigma da origem da vida. Como já comentamos anteriormente, a história apresentada dessa forma, dá a impressão de que Pasteur resolveu, com muita facilidade a questão. No entanto, como já descrevemos, a história não foi tão fácil como Amabis e Martho, bem como Lopes, deixam entender. Os autores, ao mostrarem como foi solucionado o problema da abiogênese, atribuem exclusividade da solução desse problema a Pasteur, salientando-o como o único “herói” da situação.

A citação abaixo mostra como Amabis e Martho (1997, p. 7) atribuem a Pasteur o sepultamento da teoria da abiogênese:

As discussões entre os cientistas a respeito da origem dos microrganismos prolongaram-se até meados do século XIX, quando o cientista francês Louis Pasteur demonstrou experimentalmente que os seres microscópicos presentes em caldos nutritivos resultam da contaminação por microrganismo (ou por seus esporos) provenientes do ar. A experiência de Pasteur consistiu em colocar um líquido nutritivo (água, lêvedo de cerveja e suco de beterraba) em balões de

vidro dotados de gargalos longos e estreitos, que eram amolecidos ao fogo e curvados como o pescoço de um cisne. Em seguida, Pasteur fervia o líquido dos frascos com o objetivo de matar os microorganismos presentes. Depois da fervura os frascos eram resfriados lentamente, de modo que microorganismos presentes no ar ficariam retidos no gargalo curvo dos balões, que atuava como um filtro. A ausência total de microrganismo nos líquidos dos frascos com pescoço de cisne, mesmo depois de transcorridos meses ou anos, demonstrou que a hipótese da contaminação microbiana a partir do ar estava correta, derrubando definitivamente a hipótese da geração espontânea.

Segundo Martins (1998, p.19), Pasteur não resolveu a questão ao apresentar os resultados de suas pesquisas, pois os experimentos de Pouchet, realizados na mesma época, eram “igualmente bem concebidos, traziam evidências favoráveis à geração espontânea” e, dessa forma, havia um equilíbrio na situação. Uma outra questão em que Martins persiste: os experimentos de Pasteur “não provaram que todo ser vivo provém de um outro pré-existente, uma vez que isso seria impossível: para isso, Pasteur teria que ter estudado a reprodução de todos os seres vivos” (MARTINS, 1998, p. 19).

Podemos considerar um exemplo de história ilustrativa o trecho citado abaixo em que Amabis e Martho (1997, p. 7) destacam Pasteur como o cientista que chegou, apresentou seu experimento e resolveu a questão. Confira:

A ausência total de microrganismo nos líquidos dos frascos com pescoço de cisne, mesmo depois de transcorridos meses ou anos, demonstrou que a hipótese da contaminação microbiana a partir do ar estava correta, derrubando definitivamente a hipótese da geração espontânea.

Como já comentamos anteriormente, Pasteur não resolveu definitivamente a questão, nem elaborou suas pesquisas de forma simples e definitiva, pois, ao mesmo tempo em que ele realizava suas pesquisas, Pouchet também o fazia, porém, sob outros enfoques, ou seja, enquanto Pasteur enxergava a biogênese, Pouchet acreditava na abiogênese.

Retomando o conceito de quebra-cabeça apresentado no capítulo 1 desta pesquisa, vemos Kuhn (2003, p. 59) afirmar que quebra-cabeça é “aquela categoria particular de problemas que servem para testar nossa engenhosidade ou habilidade na resolução de problemas”.

Portanto, é comum existirem problemas não resolvidos dentro da ciência normal, como foi o caso da origem dos micróbios na época de Pasteur. Esses problemas são as “peças” dos quebra-cabeças da ciência. Quando essas “peças” tornam-se importantes demais para serem deixadas de lado, ocorre uma mudança no rumo da ciência normal. Com isso, o quebra-cabeça passa a ser uma anomalia e começa-se, então, uma investigação para tentar solucioná-la. Porém, a solução desta anomalia pode gerar novos conhecimentos, provocando instabilidade no paradigma vigente, como ocorreu por ocasião do conhecimento da origem dos micróbios.

Quando os cientistas tiveram conhecimento da existência dos microrganismos, alguns questionamentos surgiram. Por exemplo: como esses seres tão minúsculos se originam? Como o paradigma vigente era a abiogênese, a maioria dos cientistas passou a acreditar que os seres microscópicos surgiam da matéria inanimada.

É interessante perceber que Amabis e Martho relataram os fatos marcantes do problema da origem da vida, enunciando cada fato por meio de experimentos, como o fizeram, no caso dos cientistas Redi, Pasteur, Miller e Urey. Além disso, observamos que os autores enfatizam os experimentos ao longo do texto, fato que pudemos identificar em alguns trechos, como estes:

[...] Discussões mais aprofundadas a respeito da origem da vida na Terra ocorreram somente quando a hipótese da geração espontânea revelou-se inconsistente, principalmente devido aos experimentos de dois: Francesco Redi e Louis Pasteur.

#### **Os experimentos de Redi**

Em meados do século XVII, o cientista italiano Francesco Redi decidiu investigar a origem dos seres vermiformes que surgem nos cadáveres em decomposição. Até essa época a maioria das pessoas acreditava que eles fossem provenientes da transformação espontânea da matéria do próprio cadáver. Redi, porém, havia observado moscas voando em torno de cadáveres de diversos animais e supôs que esses seres vermiformes pudessem ser larvas que surgiam dos ovos dessas moscas. Dotado de um admirável espírito investigativo, Redi realizou experimentos para testar sua hipótese. [...]

#### **Os experimentos de Pasteur**

As discussões entre os cientistas a respeito da origem dos microrganismos prolongaram-se até meados do século XIX, quando o cientista francês Louis Pasteur demonstrou experimentalmente que os seres microscópicos presentes em caldos nutritivos resultam da contaminação por microrganismo (ou por esporos) provenientes do ar. A experiência de Pasteur consistiu em colocar um líquido nutritivo

(água, levedo de cerveja e suco de beterraba) em balões de vidro dotados de gargalos longos e estreitos, que eram amolecidos ao fogo e curvados como o pescoço de um cisne. Em seguida, Pasteur fervia o líquido dos frascos com o objetivo de matar os microorganismos presentes. Depois da fervura os frascos eram resfriados lentamente, de modo que microorganismos presentes no ar ficariam retidos no gargalo curvo dos balões, que atuava como um filtro. A ausência total de microrganismo nos líquidos dos frascos com pescoço de cisne, mesmo depois de transcorridos meses ou anos, demonstrou que a hipótese da contaminação microbiana a partir do ar estava correta, derrubando definitivamente a hipótese da geração espontânea. Esses novos conhecimentos deram consistência à Teoria da Biogênese, [...] (AMABIS; MARTHO, 1997, p. 7).

Pela citação acima, fica a impressão de que, pelo texto que trata do problema da origem da vida, apresentado por Amabis e Martho, os experimentos têm como objetivo demonstrar ou falsear uma teoria. Isso nos faz lembrar as idéias de Popper (1959, p. 53 apud SILVA, 2005, p. 9), em que “a metodologia da ciência deve ser estatuída em função de regras, sendo a mais importante dela a bem conhecida regra da falseabilidade”. Portanto, nesta concepção, “teoria e experimento são conceitos metacientíficos distintos” (POPPER, 1959, p. 53 apud SILVA, 2005, p. 9). Porém, nas idéias kuhnianas, teoria e experimento não são separados, ambos se interligam para reforçar o paradigma.

Podemos perceber que, diferentemente de Lopes, Amabis e Martho apresentam a teoria aceita atualmente para explicar a origem da vida, por meio do relato do experimento de Miller e Urey, sem mencionar o autor da teoria proposta, Oparin e Haldane (AMABIS E MARTHO, 1997, p. 8). Como já vimos anteriormente, teoria e experimento, segundo Kuhn, contribuem para a estruturação do paradigma. O papel da teoria pode ser definido de acordo com duas funções: os fatos se adequarem à teoria, diminuindo as diversas conclusões experimentais e a discordância relacionada à sua conclusão; a teoria é a principal ferramenta que conduz o cientista no desígnio do experimento e das práticas de medida (ARRUDA; SILVA; LABURÚ, 2001).

Para Kuhn, os experimentos são sempre organizados em função de um paradigma, e, portanto, a relação entre teoria e experimento, segundo Arruda, Silva e Laburú (2001), é “adaptativa”, não servindo para demonstrar ou descartar uma teoria, conforme afirma Popper.

A impressão que temos é que Amabis e Martho destacam a

experimentação de forma isolada da teoria, pois, na maioria dos fatos apresentados, há o enunciado de algum experimento. Como comentamos no parágrafo acima, os experimentos, segundo Kuhn, são organizados em função de um paradigma. Sendo assim, se fosse enfatizado o paradigma, ao invés do experimento, talvez o assunto não tão sistematizado, pudesse ser mais compreensível, como se mostra no livro analisado.

### **3.4 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA DA ORIGEM DA VIDA APRESENTADA NO LIVRO DIDÁTICO DE SÍDIO MACHADO**

Machado (2003, p. 19) inicia o assunto, afirmando que a questão da origem da vida é discutida, desde muitos séculos atrás, e a seguir faz uma breve apresentação da formação da atmosfera primitiva, originada de gases simples como o metano (CH<sub>4</sub>), amônia (NH<sub>3</sub>), hidrogênio (H<sub>2</sub>) e vapor de água (H<sub>2</sub>O) acumulando-se, após o resfriamento da crosta terrestre, a água na litosfera, formando-se os oceanos, nos quais surgiu o primeiro ser vivo.

Na seqüência, Machado (2003, p. 20) apresenta a teoria do *big bang*, dizendo que precisamos estabelecer ligação entre a complexa questão da origem da vida e a formação do Universo para compreendermos melhor o assunto. A seguir, o autor (2003, p. 20) faz uma breve apresentação do surgimento da vida na Terra, dizendo que há evidências de que a vida surgiu em nosso Planeta por volta de 3,8 bilhões de anos. Outras apresentações são feitas como contribuição para o entendimento do assunto, como, por exemplo, o destaque à importância e à função dos geólogos e ao calendário cósmico elaborado pelo cientista Carl Sagan.

Machado (2003, p. 21) mostra as contradições do paradigma da geração espontânea e da biogênese, dizendo que há 2.200 anos, Aristóteles acreditava que existia um princípio ativo capaz de gerar vida a partir da matéria inanimada. Esse filósofo, segundo Machado, formulou a teoria da geração espontânea ou abiogênese. Na seqüência, o autor apresenta que, no século XVII, ainda existiam cientistas que defendiam a geração espontânea; porém, foi nesse mesmo século que a teoria da biogênese começou a ganhar adeptos, provocando debates entre os cientistas que tentavam explicar a origem dos seres vivos. De

acordo com Machado (2003, p. 21), a biogênese foi reforçada, em 1674, por Antony van Leeuwenhoek, com a descoberta dos micróbios. Seis anos antes, porém, Francesco Redi já havia realizado algumas experiências que sustentavam a teoria da biogênese. A seguir, Machado (2003, p. 22) menciona o experimento realizado por Redi, explicando que este cientista levou em consideração o problema “Como surgem os seres vivos?”, e partiu da seguinte hipótese: “a matéria em decomposição deverá, nas mais diversas situações, gerar espontaneamente a vida”.

De acordo com o autor (2003, p. 22), “Redi não conseguiu convencer os defensores da geração espontânea, que argumentavam que o “ar era essencial à vida”, pois continha o princípio ativo dela, e que o experimento estava incorreto, porque um dos frascos permaneceu tampado”.

Na seqüência, Machado (2003, p. 22) apresenta os experimentos de Pasteur, afirmando que muitos cientistas tentaram resolver o problema da “essencialidade do ar”, porém o mérito coube ao químico Louis Pasteur (1822–1895) em cujos experimentos utilizou a técnica de esterilização.

Após a apresentação e ilustração dos experimentos de Pasteur, Machado (2003, p. 23) explica a teoria atual de origem da vida, proposta, em 1922, por Oparin e reforçada pelo cientista Haldane. Segundo o autor (2003, p.23), Haldane baseou-se nas idéias de Oparin, admitindo que as proteínas que se acumularam por milhões de anos nos mares primitivos formaram as primeiras células.

A seguir, Machado (2003, p.23) explica que as idéias de Oparin foram testadas, em 1953, por um aparelho construído por Stanley Miller, que simulou a atmosfera primitiva da Terra, obtendo compostos orgânicos simples, os quais confirmariam as idéias de Oparin.

Em 1957, Sydney Fox, baseado nos experimentos de Miller, verificou que “os aminoácidos se ligaram, formando peptídeos e proteínas”.

### **3.4.1 Categorias presentes no livro de Sídio Machado**

Identificamos, na apresentação histórica do problema da origem da vida feita no livro didático de Sídio Machado (2003, p. 21), as seguintes categorias:

I) a noção de quebra-cabeça é identificada no momento em que é apresentado o conhecimento da origem dos micróbios, uma vez que, como já comentamos anteriormente, o conhecimento da existência desses seres minúsculos gerou para o paradigma da abiogênese um problema; II) a idéia de linearidade está visível na apresentação no livro de Machado, no trecho em que se mencionam as pesquisas de Redi e de Pasteur, destacando este último como o merecedor do mérito por ter resolvido a questão.

### 3.4.2 Análise da Apresentação do Problema da Origem da Vida Exibido no Livro Didático de Sídio Machado

Pela análise da história do problema da origem da vida abordada no livro didático de Machado (2003, p. 20), observamos que, ao introduzir o assunto, o autor faz uma apresentação muito ampla da história. Vejamos isso na citação abaixo:

A origem da vida é um assunto debatido há séculos. [...] O esfriamento parcial do planeta permitiu a formação da atmosfera primitiva. Nas camadas mais interna dessa atmosfera, os elementos químicos combinaram-se, formando gases simples [...]. Após o esfriamento da crosta terrestre, a água acumulou-se na litosfera formando os oceanos primitivos, e o planeta reuniu condições para o aparecimento da vida. [...] Para compreendermos a origem dos seres vivos, precisamos estabelecer uma relação entre essa complexa questão e a formação do Universo. Segundo a teoria da evolução cósmica, conhecida como teoria do *big bang*, o Universo surgiu há 15 bilhões de anos quando toda energia concentrada em uma parte muito pequena do espaço foi liberada por uma grande explosão. [...] Admite-se que o planeta permaneceu quase um bilhão de anos sem vida porque não reunia condições para isso. Há evidências que dão validade à hipótese de que a matéria orgânica apareceu na Terra em torno de 3,8 bilhões de anos. [...] O geólogo preocupa-se com os aspectos físicos do planeta e tem como atribuição estudar as características das rochas subterrâneas, submarina e da superfície. [...] Ainda hoje, a maneira mais segura de saber quando surgiram os primeiros organismos na Terra é procurar por restos de bactérias primitivas, encravadas nas pedras. [...] Em 1978, o cientista Carl Sagan (1934-1996) teve a idéia de compactar a história do Universo e da Terra no período de um ano. Ele dizia: “o modo mais didático para expressar a cronologia cósmica é imaginar o tempo de quinze bilhões de anos do universo, desde o *big bang*, condensados no

período de um ano. Em vista disso, cada bilhão de anos correspondera a mais ou menos 24 dias desse ano cósmico, e 1 segundo daquele ano corresponderia a 475 revoluções reais da Terra ao redor do Sol...” [...] Na tentativa de explicar a origem da vida, há 2200 anos Aristóteles (384 a.C.) elaborou a teoria da geração espontânea ou abiogênese. Esse filósofo grego acreditava que um princípio ativo seria capaz de transformar a matéria inanimada em matéria viva. [...] No século XVII, a teoria da geração espontânea ainda era defendida por alguns cientistas. [...] No século XVII, a teoria da biogênese começou a ganhar adeptos gerando o debate entre os cientistas acerca da origem da vida. [...] (MACHADO, 2003, p. 19).

Com esse amplo relato histórico, reproduzido no livro de Machado, retornamos ao capítulo 1 desta pesquisa, para salientar que, conforme Mach argumenta, há muitas vezes, no ensino de ciências, um acúmulo de informações e que o “derrame de conteúdos só resulta numa teia de pensamentos frágeis demais para fornecer uma base sólida, porém complicados o bastante para gerar confusão” (*apud* MATTHEWS 1995, p.169), e que, de acordo com Matthews, é preciso ensinar a história da ciência com pressupostos históricos e filosóficos relacionados ao assunto em questão, pois isso pode ser mais satisfatório para a compreensão do conteúdo.

Machado (2003, p. 21) diz que a idéia da biogênese foi reforçada após o conhecimento da origem dos micróbios. No entanto, consideramos como quebra-cabeça da abiogênese o que Machado (2003, p. 22) escreve no excerto que segue:

No século XVII, a teoria da biogênese começou a ganhar adeptos gerando o debate entre os cientistas acerca da origem da vida. A idéia central da biogênese, a de que “um ser vivo só pode surgir de outro preexistente”, foi reforçada em 1674 quando o holandês Antony van Leeuwenhoek (1632-1723) descobriu os micróbios. Seis anos antes, em 1668, o médico italiano Francesco Redi (1626-1697) já havia realizado experimentos que davam maior sustentação científica à teoria da biogênese.

Como já comentamos anteriormente, a origem dos micróbios era uma das “peças do quebra-cabeça” da abiogênese, pois o conhecimento da existência desses seres minúsculos levou os cientistas a fazerem outras pesquisas para tentar desvendar como esses seres surgem. Com relação à linearidade constatada na apresentação histórica do problema da origem da vida no livro de

Machado, podemos citar a seguinte passagem:

Embora bem planejada e tecnicamente correta, a experiência de Redi não conseguiu convencer os defensores da geração espontânea, que argumentavam que o “ar era essencial à vida”, pois continha o princípio ativo dela, e que o experimento estava incorreto porque um dos frascos permaneceu tampado.

**Os experimentos de Pasteur**

Muitos cientistas tentaram resolver o problema da “essencialidade do ar”, mas o mérito foi do químico francês Louis Pasteur (1822-1895). Ele colocou caldo de carne em balões e, por meio da fervura, matou os micróbios transformando o caldo num líquido estéril (MACHADO, 2003, p. 22).

Notamos, na citação acima, que a impressão que se tem é que muitos cientistas pesquisavam a origem da vida e que mesmo Redi, com sua experiência bem planejada e correta, não conseguiu solucionar o problema.

Pasteur, porém, foi honrado pelo seu magnífico experimento, com o qual ele pôde convencer a “todos” que os seres vivos não nasciam espontaneamente.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pela presente pesquisa, constatamos que o ensino das Ciências, principalmente no Brasil, está defasado. As taxas de evasão e repetência de alunos nas escolas evidenciam que urge reformular o ensino, para que esse quadro crítico, em que a educação se encontra, seja revertido. Além disso, os livros didáticos apresentam-se “desinteressantes”, longe da realidade dos alunos. É preciso rever esse recurso disponível nas escolas, pensando-o de forma articulada com a realidade do aluno, de modo que ele tenha real serventia, ajudando o aluno a buscar respostas para suas indagações.

Entretanto, concluímos que uma das alternativas para a melhoria da qualidade do ensino pode estar na estruturação da história da ciência que é abordada no livro didático; sabendo-se que ele é considerado uma das ferramentas mais úteis e acessíveis tanto aos professores quanto aos alunos.

Ao analisarmos os livros didáticos de Biologia usados no ensino médio, verificamos que a história da ciência encontra-se presente nos textos desse recurso pedagógico. Porém, o que está faltando na história da ciência apresentada na maioria dos livros didáticos, é estruturá-la, de forma que torne os assuntos mais compreensíveis, incorporando conflitos, o embate teórico das idéias, e interesses econômicos, políticos e ideológicos (religião).

A compreensão da história e filosofia da ciência permite perceber que a ciência não segue um critério linear progressivo, agregando novos conhecimentos. Muitas vezes, olhar para a história, nos permite localizar movimentos de sobreposição de idéias, em um mesmo contexto, e ver que aquelas idéias consideradas errôneas, hoje, foram dominantes em um dado momento, impedindo o desenvolvimento de outras que, atualmente, são mais aceitas.

O entrelaçamento da história, juntamente com a filosofia, pode enriquecer (e muito) o assunto, tornando-o mais interessante, e, conseqüentemente, possibilitando ao aluno entender melhor o que ele está estudando.

Entretanto, esse entrelaçamento deve dar-se, de forma que o aluno compreenda os porquês do desenvolvimento científico e o considere como meio de associar o seu cotidiano e suas relações com o meio ambiente em que vive.

Acreditamos que, para termos um ensino de melhor qualidade, não

basta enxergarmos os problemas que provocam a baixa qualidade; é preciso ir muito além. Entre alguns recursos disponíveis para um ensino de boa qualidade, está o livro didático, que professores e alunos utilizam, o qual, no entanto, requer estruturação. A história da ciência, que está presente nessa ferramenta, pode ser muito útil como recurso pedagógico, quando bem apresentada.

Foi pensando num ensino de boa qualidade, que desenvolvemos esta pesquisa, acreditando ser a mesma do interesse de todos, principalmente dos que estão envolvidos com a educação. Com relação a mim, devo dizer que este trabalho contribuiu (e muito) para meu crescimento, tanto profissional quanto pessoal.

Pretendo expandir e ampliar a experiência adquirida com essa pesquisa, buscando aprofundar-me mais, mediante o doutoramento, no conhecimento das diversas formas de apresentação da história nos livros didáticos. Com isso, continuarei sendo mais uma “lutadora” convicta de que as pessoas só se desenvolverão e se tornarão críticas a partir do momento em que tiverem como sua base uma boa formação educacional. O curso de mestrado, em fase de conclusão, foi mais uma porta que me foi aberta, pois, como já disse anteriormente, sou persistente e com minha perseverança, experiência e dedicação serei mais uma pesquisadora em história da ciência e também autora de livros didáticos. Nesse meio tempo, irei aplicando meus conhecimentos sobre história e filosofia da ciência, adquiridos ao longo desta pesquisa, nas minhas aulas de Biologia do ensino médio, as quais eu amo de paixão.

“É no processo histórico e filosófico da ciência que o homem reorganiza suas inquietudes para interagir com sua própria realidade” (grifo meu).

## REFERÊNCIAS

- ABREU, Rozana G de.; GOMES, Maria M.; Lopes, Alice C. **Contextualização e tecnologias em livros didáticos de biologia e química.** Disponível em: <[http://www.ifufrgs.br/public/ensino/vol10/n3/v10\\_n3\\_a6.html](http://www.ifufrgs.br/public/ensino/vol10/n3/v10_n3_a6.html)>. Acesso em: 05 jun. 2006.
- AMABIS, José M.; MARTHO Gilberto R. **Fundamentos da biologia moderna.** São Paulo: Moderna, 1997.
- ARRUDA, Sergio de M.; SILVA, Marcos R.; LABURÚ, Carlos E. **Laboratório didático de física a partir de uma perspectiva kuhniana.** Disponível em: <[http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol6/n1/v6\\_n1\\_a5.htm](http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol6/n1/v6_n1_a5.htm)>. Acesso em: 13 abr. 2006.
- BITTENCOURT, Circe M. F. **Em Foco: História, produção e memória do livro didático.** Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ep/v30n3/a07v30n3.pdf>>. Acesso em: 05 jun. 2006.
- BRODY, David E.; BRODY, Arnoldr. **As sete maiores descobertas científicas da história.** São Paulo: Cia. Das Letras; Schwarcz, 2000.
- CARNEIRO, Maria H. da S.; GASTAL, Maria L. **História e filosofia das ciências no ensino de biologia.** *Ciência & Educação*, Disponível em <<http://www.fc.unesp.br/pos/revista/pdf/revista11vol1/ar3r11v1.pdf>> Acesso em: 20 dez. 2005.
- CHALMERS, A. F. **O que é ciência, afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1993.
- CHARLOT, Bernard. O Fracasso Escolar: um objeto de pesquisa inencontrável: Serão a reprodução, a origem social e as deficiências “a causa do fracasso escolar”? In: **Da relação com o saber:** elementos para uma teoria. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, p.13-31, 2000.
- COLLINS, Harry; PINCH, Trevor. **O Golem:** o que você deveria saber sobre ciência. São Paulo: Ed. Unesp, 2000.
- DAMASIO, Maria de L. L. **Os livros didáticos de ciências e a abordagem do tema resíduos sólidos urbanos.** Dissertação de Mestrado -Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Bauru, 2003.

DOURADO, Luiz F. **Elaboração de Políticas e Estratégias para a Prevenção do Fracasso Escolar** – Documento Regional BRASIL: Fracasso Escolar no Brasil: Políticas, Programas e Estratégias de Prevenção ao Fracasso Escolar. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Infantil e Fundamental. Departamento de políticas Educacionais. Brasília, 2005. Disponível em: <<http://tq.educ.ar/fracasoescolar/documentos/Brasil.pdf>>. Acesso em: 29 maio 2006.

DUTRA, Luiz H. de A. **Kuhn e a Filosofia da Educação**. Núcleo de Epistemologia e Lógica. Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <<http://www.cfh.ufsc.br/~wfil/kuhnport.htm>>. Acesso em: 05 ago. 2005.

FAVARETTO, José A.; MERCADANTE, Clarinda. **Biologia**. 2.ed. São Paulo: Moderna, 2003.

FREITAG, Bárbara; COSTA, Wanderly F. da; MOTTA, Valéria, R. **O livro didático em questão**. 3.ed. São Paulo: Cortez, 1997.

JACOBINA, Ronaldo R. O paradigma da epistemologia histórica: a contribuição de Thomas Kuhn. **História, Ciências, Saúde**, Manguinhos, v.3, p.609-630, nov./ fev. 1999. Disponível em :<[http://www.scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-59702000000100006&ing=pt](http://www.scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-59702000000100006&ing=pt)>. Acesso em: 24 nov. 2004.

KUHN, Thomas S. **A Estrutura das revoluções científicas**. 8. ed. São Paulo: Perspectiva, 2003.

LATOUR, Bruno. **Ciência em ação**. São Paulo: Ed. Unesp,1998.

LOPES, Sônia. **Bio**. 5 ed. São Paulo: Saraiva, 1996.

MACHADO, Sídio. **Biologia para o ensino médio: de olho no mundo do trabalho**. São Paulo: Scipione, 2003.

MARTINS, Lilian Al-Chueyr P. A História da ciência e o ensino de biologia. **Ciência & Ensino**, n.5, p.18-21, 1998. Disponível em <<http://www.ifi.unicamp.br/~ghtc/lil-r12.htm>>. Acesso em 13 Jan. 2006.

MARTINS, Lilian Al-Chueyr P.; MARTINS, Roberto de A. **Geração Espontânea: dois pontos de vista**. *Perspicillum* 3 (1): 5-32, 1989. Disponível em <<http://ghtc.ifi.unicamp.br/pdf/lacpm-01.pdf>>. Acesso em 05 jun. 2006.

MATTHEWS, Michael R. **Science teaching: The role of history and philosophy of science**, London: Routledge, 1994.

MATTHEWS, Michael R. História, filosofia e ensino de ciências: A tendência atual de reaproximação. **Cad. Cat. Ens. Fis**, v. 12, n.3, Florianópolis, p. 164-214, Dez. Santa Catarina, 1995.

MAZZOTTI, Alda J. A. Fracasso Escolar: representações de professores e de alunos repetentes. IN: 26º REUNIÃO ANUAL DA ANPED, UNESA, Rio de Janeiro, 2004.

MAYR, Ernest. **O desenvolvimento do pensamento biológico**. Brasília: Universidade de Brasília, 1998.

MEC. **Guia de Livros Didáticos 1º a 4º séries; PNLD**; Brasil em Ação. Brasília, 1998.

MOORE, J. A. **Bio 201 – Genética**: As origens da base citológica da hereditariedade. *Science as a Way of Knowing – Genetics*. Amer. Zool., vol.26, p. 583-747, 1986. Disponível em <<http://dreyfus.ib.usp.br/bio201/>>. Acesso em 22 Jun. 2004.

MOORE, J. A. **Bio 201 – Genética**: A Redescoberta e a Expansão do Mendelismo. *Science as a Way of Knowing – Genetics*. Amer. Zool.vol.26: p. 583-747, 1986. Disponível em <<http://dreyfus.ib.usp.br/bio201/>>. Acesso em 22 Jun. 2004.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **PCN – Parâmetros curriculares nacionais**: ensino médio. Brasília: o ministério, 1999.

PEDRON, Ademar J. **Resenha sobre o livro de Thomas Samuel Kuhn**: A estrutura das revoluções científicas. Disponível em: <[www.ucb.br/uade/download/resenhakuhn.doc](http://www.ucb.br/uade/download/resenhakuhn.doc)>. Acesso em: 22 ago. 2004.

POPKEWITZ, T. S. Profissionalização e formação de professores: Algumas notas sobre a sua história, ideologia e potencial. In: NÓVOA, A. **Os professores e a sua formação**. 2 ed. Fotocomposição: Texrype – Artes gráficas, Ltda, Portugal, 1995.

RAW, Isaias & SANT'ANNA, O. Augusto. **A aventura da microbiologia**. São Paulo: Hakers, 2002.

ROSE, Michael. **O espectro de Darwin**. Rio de Janeiro: Cromosete Gráfica Editora, 2000.

SCHÖN, D. A. Formar Professores como Profissionais Reflexivos. In: NÓVOA, A. **Os professores e a sua formação**. 2 ed. Fotocomposição: Texrype – Artes gráficas, Ltda, Portugal, 1995.

SIEGEL, Harvey. Science Education: On the Distortion of the History of Science in **Science Education**, v. 63, n. 1, p. 111-118, 1979.

SILVA, Marcos. R. A Filosofia da ciência e sua contribuição para o ensino de ciências. In: **Filosofia e ensino**. Unijuí: Ed. Ijuí, 2004(a).

SILVA, Marcos. R. Construindo a Dupla-Hélice/Construindo o conhecimento da Dupla-Hélice: A Filosofia e o ensino de ciências. In: **Filosofia e ensino**. Unijuí: Ed. Ijuí, 2004(b).

SILVA, Marcos. R. **Uma das trajetórias da pergunta “o que é ciência?” e seus desdobramentos na filosofia da ciência**. Universidade Estadual de Londrina. Texto de aula de História e Filosofia da Ciência, (s/d).

TORTORA, G. J.; Funke, B. R.; Case, C. L. **Microbiologia**. 6 ed. Porto Alegre: Artmer, 2003.

ZAIA, Dimas A. M. Da geração espontânea à química prebiótica. **Química Nova**, v.26, n. 2, p. 260-264, 2003. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v26n2/14999.pdf>> Acesso em 24 dez. 2004.