

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS – CAMPUS BAURU  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA**

**CAROLINE AVELINO DE OLIVEIRA**

**STANLEY LLOYD MILLER E A ORIGEM DA VIDA: UMA  
POSSIBILIDADE PARA O ESTUDO DA NATUREZA DA CIÊNCIA**

**BAURU**

**2014**

**CAROLINE AVELINO DE OLIVEIRA**

**STANLEY LLOYD MILLER E A ORIGEM DA VIDA: UMA  
POSSIBILIDADE PARA O ESTUDO DA NATUREZA DA CIÊNCIA**

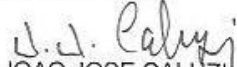
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, Área de Concentração em Ensino de Ciências, da Faculdade de Ciências da UNESP/Campus de Bauru, para a obtenção do título de Mestre em Educação para a Ciência, sob orientação do Prof. Dr. João José Caluzi.

**Bauru**

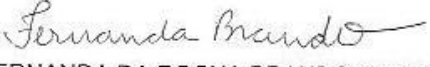
**2014**

**ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE Mestrado de CAROLINE AVELINO DE OLIVEIRA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA, DO(A) FACULDADE DE CIÊNCIAS DE BAURU.**

Aos 12 dias do mês de março do ano de 2014, às 09:00 horas, no(a) Sala 01 da Pós-graduação da Faculdade de Ciências, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. JOAO JOSE CALUZI do(a) Departamento de Física / Faculdade de Ciências de Bauru, Profa. Dra. ANA MARIA DE ANDRADE CALDEIRA do(a) Departamento de Educação / Faculdade de Ciências de Bauru, Profa. Dra. FERNANDA DA ROCHA BRANDO FERNANDEZ do(a) Departamento de Biologia / Universidade de São Paulo, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE Mestrado de CAROLINE AVELINO DE OLIVEIRA, intitulada "Stanley Lloyd Miller e a origem da vida: uma possibilidade para o estudo da natureza da ciência". Após a exposição, a discente foi arguida oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: Aprovada . Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

  
Prof. Dr. JOAO JOSE CALUZI

  
Profa. Dra. ANA MARIA DE ANDRADE CALDEIRA

  
Profa. Dra. FERNANDA DA ROCHA BRANDO FERNANDEZ

Oliveira, Caroline Avelino de.

Stanley Lloyd Miller e a origem da vida: uma possibilidade para o estudo da natureza da ciência / Caroline Avelino de Oliveira, 2014. 90f.

Orientador: João José Caluzi

Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2014

1. Biologia. 2. Bioquímica. 3. Educação. 4. Cultura

**CAROLINE AVELINO DE OLIVEIRA**

**STANLEY LLOYD MILLER E A ORIGEM DA VIDA: UMA  
POSSIBILIDADE PARA O ESTUDO DA NATUREZA DA CIÊNCIA**

**Banca examinadora**

---

Presidente e orientador: Prof. Dr. João José Caluzi. (UNESP/Bauru - SP)

---

2º Examinadora: Prof. Dra. Ana Maria de Andrade Caldeira. (UNESP/Bauru - SP)

---

3º Examinadora: Prof. Dra. Fernanda da Rocha Brando (USP – Ribeirão Preto – SP)

**Bauru**

**2014**

## Sumário

INTRODUÇÃO.....	13
1. NATUREZA DA CIÊNCIA, HISTÓRIA, FILOSOFIA DA CIÊNCIA E ENSINO DE CIÊNCIAS .....	17
1.1 NATUREZA DA CIÊNCIA .....	17
1.2. NATUREZA DA CIÊNCIA E FORMAÇÃO DE PROFESSORES .....	21
1.3 HISTÓRIA DA CIÊNCIA UM INSTRUMENTO PARA O ESTUDO DA NATUREZA DA CIÊNCIA.....	23
1.4. HISTÓRIA DA CIÊNCIA NOS MATERIAIS DIDÁTICOS .....	25
2. STANLEY LLOYD MILLER.....	28
2.1. ALEKSANDR IVANOVICH OPARIN .....	31
2.2 LIVRO A ORIGEM DA VIDA.....	34
2.3 INTERESSES DE MILLER E REPERCUSSÃO DO SEU TRABALHO .....	43
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	47
4. EXPERIMENTOS DE MILLER .....	55
4.1 ANÁLISE DOS PRODUTOS .....	60
4.1.1 ANÁLISE DOS GASES .....	60
4.1.2 ETAPAS NA ANÁLISE DA SOLUÇÃO DOS EXPERIMENTOS .....	60
4.1.3 ANÁLISE DA FRAÇÃO E .....	63
5. ANÁLISE DOS MATERIAIS DIDÁTICOS.....	67
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	76
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	82
ANEXO A: Capa original do livro de Oparin.....	87
ANEXO B - Carta de Urey para Oparin.....	88
ANEXO C - Aparato de Miller.....	89
ANEXO D – Reportagem sobre a morte de Stanley Miller .....	90
ANEXO E: Foto de Miller .....	91

*Aos meus pais Antonio e Cristina  
por me ensinarem os verdadeiros  
valores da vida e por me apoiarem  
em todos os momentos que mais  
precisei.*

*A minha irmã Fernanda por  
sempre acreditar em mim e por me  
incentivar.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por ter me dado fé, coragem e compreensão na ciência e no saber compartilhado por todos os cientistas e pesquisadores.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, participaram no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Prof. Dr. João José Caluzi, pela motivação durante toda a elaboração do presente trabalho: pela forma que conduziu a orientação, sempre dedicado e paciente ajudando-me a superar os obstáculos conceituais e pessoais. Muito obrigada.

A Profa. Dra. Ana Maria de Andrade Caldeira e a Profa. Dra. Fernanda da Rocha Brando que auxiliaram com suas sugestões e contribuições na banca de qualificação.

À Profa. Dra. Iracema Batista Torquato que me incentivou e, cuidadosamente, revisou esta dissertação.

A todos os meus professores, desde a pré-escola até a pós-graduação, que contribuíram para a minha formação.

Ao Grupo de Pesquisa em Epistemologia da Biologia por ter contribuído para um novo olhar sobre a biologia.

Ao grupo de Pesquisa em Educação Científica por me proporcionar o desenvolvimento do pensamento “científico”.



Aos amigos de infância, da graduação e do programa de pós-graduação pela amizade

Aos funcionários do Programa de Pós Graduação em Educação para a Ciência pela rapidez e zelo nos serviços prestados.

À agência de fomento CAPES pelo apoio financeiro.

Como todos os jovens eu decidi ser um gênio, mas felizmente o riso interveio.

Cléa, Lawrence Durrell

OLIVEIRA, C. A. **Stanley Lloyd Miller e a origem da vida**: Uma possibilidade para o estudo da Natureza da Ciência, 2014. Trabalho apresentado para a defesa. (Mestrado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2014.

O presente trabalho analisa algumas concepções sobre a Natureza da Ciência, mostrando que é imprescindível a utilização da História da Ciência no Ensino de Ciências. O caso que estudamos é a pesquisa do químico americano Stanley Lloyd Miller sobre a produção de aminoácidos na Terra primitiva partindo da hipótese de uma atmosfera redutora. A fundamentação teórica baseia-se nos principais autores que influenciaram Miller: Aleksandr Ivanovich Oparin e Harold Clayton Urey. Tem-se como objetivo geral analisar a trajetória de vida de Stanley Lloyd Miller e seus experimentos sobre a origem da vida, e o contexto sociocultural, político e econômico que o influenciou. A metodologia baseia-se na análise histórica e documental, fundamentando-se em textos primários e secundários, utilizando a abordagem qualitativa. Também foi verificado, em geral, como o comportamento dos cientistas é mostrado nos livros didáticos: de maneira descontextualizada e fragmentada. Constatou-se que na teoria de Miller e Oparin é possível discutir uma mudança na concepção sobre a origem da vida; antes existia a ideia de que a proteína originou a vida; atualmente acredita-se que a molécula de DNA possa ter uma relação com a origem da vida. A ideia dos coacervatos também não é mais aceita. Isso mostra, conforme já ressaltou Lederman e colaboradores, que o conhecimento científico é provisório, sofre modificações, correlações, e portanto, nunca é definitivo. Outra visão difundida no meio acadêmico, sobre a Natureza da Ciência, é a visão rígida que se tem do método científico. Este seria constituído por etapas que deveriam ser seguidas de forma precisa, apresentando resultados com extrema exatidão, infalibilidade e previsibilidade. O próprio Miller destrói este mito (previsibilidade), pois ao longo de sua pesquisa, realizou vários experimentos para chegar a um resultado satisfatório. Sendo assim pode-se afirmar que é aconselhável dissociar Natureza da Ciência, História da Ciência e Ensino de Ciência.

**Palavras chaves:** Stanley Miller, Natureza da Ciência, História da Ciência, Ensino de Ciências.

## Abstract

This paper assesses some ideas on the Nature of Science, showing that the use of the History of Science in Science Education is essential. The case studied is the research of the American chemist Stanley Lloyd Miller into the production of amino acids on the primitive Earth, on the assumption of a reducing atmosphere. The theoretical framework is based on the main authors who influenced Miller: Aleksandr Ivanovich Oparin and Urey Harold Clayton. The main objective was to analyze the life trajectory of Stanley Lloyd Miller and his experiments on the origin of life, and the sociocultural, political and economic context that influenced him. The methodology is based on historical and documentary analysis of primary and secondary texts, using the qualitative approach. It was also found that, in general, the scientists' behavior is shown in textbooks in a decontextualized and fragmented way. It was found that in Oparin and Miller's theory it is possible to discuss a change in the conception of the origin of life: before there was the idea in which the protein originated life; nowadays it is believed that the DNA molecule could have a relationship with the origin of life. The idea of coacervates is no longer accepted either. This shows, as already pointed out by Lederman and collaborators, that the scientific knowledge is provisional. It undergoes changes, correlations and, therefore, is never definitive. Another view on the Nature of Science which is widespread in academia is that the scientific method is very rigid. The scientific method would consist of steps that should be followed precisely, presenting results with extreme accuracy, predictability and infallibility. Miller himself destroys the myth of predictability when, throughout his research, he conducted several experiments to reach a satisfactory result. Therefore it can be stated that it is advisable to separate the Nature of Science, the History of Science and the Science Teaching.

Key words: Stanley Miller, Nature of Science, History of Science, Science Education.

## INTRODUÇÃO

A Professora pesquisadora (Pp), ao lecionar em uma escola municipal de Jaú, em 2007, constatou que usava um método memorístico com os alunos do Ensino Fundamental (6º ao 9º ano), pois estes decoravam os conceitos da disciplina e os reproduziam na prova sem nenhum tipo de contextualização. O conteúdo era fragmentado, por isso a Pp começou a se questionar sobre o seu trabalho como docente. Mesmo percebendo esta situação não sabia como modificá-la ou melhorá-la. Este enfrentamento com a realidade escolar tornou-se um incentivo para que ela procurasse um grupo de estudos sobre Ensino de Biologia.

No terceiro ano do curso de Licenciatura, em Ciências Biológicas na UNESP de Bauru, ingressou no grupo de pesquisa em Epistemologia da Biologia, coordenado pela Profª Drª Ana Maria de Andrade Caldeira. Neste grupo, foram enfatizados conceitos como o de sucessão ecológica, conceitos relacionados à genética, entre outros. A pesquisadora compreendeu que os conceitos possuíam muitas relações, e decorá-los era algo superficial, percebendo, como hipótese inicial, que a biologia era muito mais complexa que a aprendizagem de conceitos. Estes deveriam ser ensinados dentro de um contexto de modo a proporcionar aos alunos o estabelecimento de relações entre o que já sabiam e que estava sendo aprendido, ou seja, fornecendo condições para que ressignificassem a aprendizagem, criando novos signos<sup>1</sup>.

Neste grupo a Pp notou que a sua formação inicial em Licenciatura em Ciências Biológicas não lhe permitia uma visão mais abrangente da Biologia, pois os conteúdos, em geral, eram dados sem exigir dos alunos reflexão; de forma acrítica e fragmentada. Isso inicialmente influenciou a sua maneira de lecionar. Segundo Matthews (1995 p.166): “Os alunos de primeiro e segundo graus devem aprender não somente o conteúdo das ciências atuais, mas também algo acerca da Natureza da Ciência.”

No quarto ano, a Pp teve a disciplina História da Ciência, em que aprendeu o quanto os processos científicos eram complexos, envolvendo múltiplos fatores como os: socioeconômicos, políticos e culturais. A professora desta disciplina solicitou a apresentação de seminários embasados em artigos publicados sobre episódios históricos da biologia. Neste momento a Pp verificou como a sua visão dos processos científicos

---

<sup>1</sup> Cf. SANTAELLA, L. *O que é Semiótica*. São Paulo: Brasiliense, 1995, p. 58. “Esclarecemos, o signo é uma coisa que representa outra coisa: seu objeto. Ora, o signo não é objeto. Ele apenas está no lugar do objeto. Portanto, ele só pode representar esse objeto de um certo modo e numa certa capacidade”.

eram de certa forma “ingênua”. Teve seu primeiro contato com o professor Dr. João José Caluzi, que foi convidado a fazer um seminário sobre História da Ciência para os alunos de graduação.

Após a realização deste seminário, a Pp o procurou para fazer um trabalho sobre História da Ciência. Nas leituras iniciais a Pp percebeu como a História da Ciência pode contribuir para uma aprendizagem mais efetiva dos processos científicos, e possibilitava uma melhor contextualização dos conceitos, oferecendo uma visão mais realista da Natureza da Ciência.

O tema sugerido para o trabalho de iniciação científica foi a origem da vida, baseado principalmente o trabalho do químico norte americano Stanley Lloyd Miller, nascido em 1930 em Oakland no estado da Califórnia e falecido em 2007<sup>2</sup>. Como a Pp já havia lecionado sobre o conteúdo do artigo deste pesquisador e já tinha tido aulas, na graduação, sobre o assunto, achou bem interessante e adequado realizar uma pesquisa sobre este tema.

A Pp teve oportunidade de participar do Encontro de História e Filosofia da Biologia 2011, realizado na cidade de Bauru, apresentando o trabalho “Stanley Lloyd Miller (1930 – 2007) e *A Origem da Vida* de Aleksandr Ivanovich Oparin (1894 – 1980)”. Neste evento, assistiu a apresentação de vários trabalhos sobre História da Ciência. Alguns deles faziam a relação entre o Ensino de Ciência e a História da Ciência. Por exemplo: como os livros didáticos apresentavam a História da Ciência; propostas para o Ensino de Ciências sob uma perspectiva da História da Ciência; entre outros temas. Enfim, pôde aperfeiçoar seus conhecimentos neste evento, e participar de palestras.

Ao entrar no programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, a Pp tinha como hipótese que os alunos não tinham uma concepção adequada da ciência. O problema que a motivou a pesquisar foi: seria possível estabelecer uma relação aprofundada entre a Natureza da Ciência, História, Filosofia da Ciência e Ensino de Ciências? Para isso decidiu-se por uma pesquisa mais aprofundada sobre os experimentos do químico Stanley Lloyd Miller e seu trabalho sobre a Origem da Vida,

---

<sup>2</sup> Outros dados bibliográficos sobre Miller: Ele se formou em química pela Universidade da Califórnia em Berkeley em 1951 e fez doutorado na Universidade de Chicago, concluído em 1954. Passou um ano com uma bolsa no Caltech (Instituto de Tecnologia da Califórnia) e outros cinco anos na Universidade Columbia, antes de se instalar na Universidade da Califórnia em San Diego onde terminou sua carreira científica. Cf. BADA, JL.; LAZCANO, Stanley L. Miller A. *Nacional Academy of Sciences*, 2012.

(pois, já havia adquirido vários conhecimentos sobre este tema), enfatizando vários aspectos como o socioeconômico, político e cultural.

Por conta disso no primeiro Capítulo serão abordados alguns aspectos sobre a Natureza da Ciência, conforme McComas (1998): a) concepções erradas sobre a utilização dos conteúdos dos materiais didáticos presentes em sala de aula e que são usados pelos professores b) a ideia de que o cientista trabalha de forma solitária, c) a crença que o resultado do trabalho científico seja definitivo, d) a existência de um método científico geral e universal e) o mito baseado na concepção de que a experiência seja a principal via para o conhecimento científico.

Gil-Peréz, Montroro, Alís, Cachapuz (2002) constatou que os professores (de formação inicial e continuada) tinham uma concepção inadequada sobre a Natureza da Ciência. Apresentavam algumas deformações: a) o papel neutro da observação e da experimentação, sem levar em conta a influência de ideias prévias, b) o conhecimento seria o produto de gênios, c) a inexistência do pluralismo metodológico entre outros.

De acordo com Martins (1993), existem problemas, nos livros didáticos, sobre a História da Ciência no Ensino de Ciências. Estes se referem à presença de erros como o whiggismo, pseudo-história, estudo pautado apenas cronologicamente, enfatizando datas marcantes, personagens ilustres, entre outros fatores.

Para realizar a pesquisa foram considerados os objetivos: Discutir a Natureza da Ciência utilizando ideias surgidas em torno do trabalho do químico Stanley Miller sobre o conceito da origem da vida, testadas na elaboração de seus aparelhos, bem como os autores que o influenciaram como Aleksandr Ivanovich Oparin<sup>3</sup>, John Burdon Sanderson Haldane<sup>4</sup>, Harold Clayton Urey<sup>5</sup>. Bem como: analisar como a Natureza da Ciência é apresentada em alguns materiais didáticos, e disponibilizar material teórico para ser utilizado no Ensino de Ciências.

---

<sup>3</sup> Nasceu em Uglich, em 1894 e faleceu em 1980. Cursou Ciências naturais na Universidade de Moscou, onde pesquisou sobre Fisiologia Vegetal, trabalhando também como assistente de ensino durante os anos 1921-1925. Outros dados sobre o autor podem ser conferidos no capítulo 4.

<sup>4</sup> John Burdon Sanderson Haldane nasceu em Oxford em 1892 e faleceu em Bhubaneswar, Orissa, Índia em 1964, era geneticista e foi um dos fundadores da genética populacional.

<sup>5</sup> Urey nasceu em Walkerton, Indiana em 1893 e faleceu em 1981, graduou-se na Universidade de Montana, trabalhou com isótopos. Em 1931, ele descobriu o deutério e recebeu o Prêmio Nobel de Química em 1934. Outros dados sobre ser conferidos serão apresentados no Capítulo 4.

No segundo capítulo será feita, uma análise sobre os aspectos sociais, econômicos e políticos que influenciaram Miller na sua pesquisa. O artigo de Miller *Production of Amino Acids Under Possible Primitive Earth Conditions*, publicado na revista *Science*, cita a contribuição do químico Aleksandr Ivanovich Oparin (1894-1980). Elaborar-se-á um estudo crítico do livro a *Origem da Vida* escrita por ele e, finalizando o capítulo serão expostos os interesses de Miller e a repercussão do seu trabalho.

O terceiro Capítulo tratará sobre os procedimentos metodológicos que enfocará a pesquisa qualitativa, envolvendo dados flexíveis de forma descritiva e contextualizada. Tratar-se-á de uma metodologia pautada na análise documental e biográfica fazendo uso de textos primários e secundários, baseando-se nas ideias de Michael Quinn Patton (1980), Uwe Flick (2012, p. 1-31), Robert C. Bogdan (1994), Esteban (2010), Lüke e André (1986) e Gil-Peréz, Montroro, Alís, Cachapuz. (2002).

No quarto Capítulo, serão apresentados os experimentos de Miller para testar a validade de sua hipótese inicial sobre a origem da vida. Para isso Miller fez três aparelhos, cada um com modificações visando conseguir melhores resultados, e posteriormente publicou um artigo sobre seus experimentos na revista *Science*.

No quinto Capítulo, a Pp analisa os materiais didáticos (livros e apostilas) que usava para planejar suas aulas e aqueles que estudava no Ensino Médio, para aprofundar seus conhecimentos sobre o cientista Miller. Estes eram: *Biologia* (UZUNIAN, A.; CASTRO, N. H. C.; SASSON, S); *Ciência os seres vivos* (BARROS, C.; PAULINO, W. R.) e *Biologia* (LOPES, S.; ROSSO, S.). Tais livros trazem os conteúdos sem contextualizá-los devidamente, alguns com falsas relações históricas, que prejudicavam a compreensão dos processos científicos, bem como proporcionavam uma visão distorcida sobre ciência e cientista. Tais problemas são enfatizados em algumas pesquisas como Batisteti (2010), Nunes (2012), Mottola (2011) que também analisaram os livros didáticos e notaram resultados semelhantes, como a falta de contextualização, conceitos apresentados de forma extremamente simplificada e/ou reducionista.

Na conclusão será feita uma análise crítica do material histórico apresentado sobre Stanley Lloyd Miller, os materiais didáticos analisados e a Natureza da Ciência.



# 1. NATUREZA DA CIÊNCIA, HISTÓRIA, FILOSOFIA DA CIÊNCIA E ENSINO DE CIÊNCIAS

## 1.1 NATUREZA DA CIÊNCIA

O Ensino de Ciências não deve discutir apenas a aprendizagem de conceitos, mas também discorrer sobre os aspectos da Natureza da Ciência. Contudo, não existe um consenso sobre o que seria a Natureza da Ciência. A seguir são apresentados diversos pontos de vista sobre este tema, e seus eventuais mal entendidos bem como sua relação com o Ensino de Ciências. Também serão discutidos, entre outros objetos de estudo, vários mitos sobre a Natureza da Ciência, relatados por McComas (1998), que estão presentes nos materiais didáticos utilizados por uma instituição de ensino, localizada na cidade de Jaú.

Segundo Lederman *et al.*, (2002), um dos mitos mais comum está relacionado às leis científicas. Elas são tidas como definitivas, enquanto o conhecimento científico é provisório. Existem modificações, correções e novas interpretações de um mesmo fenômeno científico ao longo do tempo. Mesmo sendo confiável, este nunca é definitivo. As teorias e as leis estão frequentemente sujeitas a alterações.

Chalmers em seu livro *O que é ciência afinal ?* Comenta a ideias de Lakatos, sobre o que seriam as teorias:

[...] as teorias devam ser vistas como estruturas organizadas de alguma espécie: o fato do estudo histórico demonstrar que as teorias possuem essa característica e o fato de que é somente por meio de uma teoria coerentemente estruturada que os conceitos adquirem um sentido preciso. Um terceiro motivo tem origem na necessidade da ciência de crescer. Está claro que a ciência avançará mais eficientemente se as teorias forem estruturadas de maneira a conter em seu interior indícios e receitas bastante claros quanto a como elas devem ser desenvolvidas e estendidas. Elas devem ser estruturas abertas para que ofereçam um programa de pesquisa. A mecânica de Newton forneceu um programa para os físicos dos séculos XVIII e XIX, o programa para explicar todo o mundo físico em termos de sistemas mecânicos que envolvem várias forças e são governados pelas leis do movimento de Newton. Este programa coerente pode ser comparado à moderna sociologia, grande parte da qual está suficientemente preocupada com dados empíricos para satisfazer os critérios falsificacionistas da boa ciência, o que não ocorre com os indutivistas, e que, entretanto, fracassa miseravelmente ao emular o sucesso da física. Sugiro, seguindo Lakatos, que a diferença crucial se encontra na coerência relativa das duas teorias. As modernas teorias sociológicas não enunciam um programa coerente como guia para pesquisas futuras (CHALMERS, 1993, p.112-124)

Charmes também relata sobre a obra *A estrutura das revoluções científicas* de Thomas Kuhn, que coloca que o paradigma é composto de leis e teorias que conduzem a comunidade científica que a segue:

A atividade desorganizada e diversa que precede a formação da ciência torna-se eventualmente estruturada e dirigida quando a comunidade científica atém-se a um único *paradigma*. Um paradigma é composto de suposições teóricas gerais e de leis e técnicas para a sua aplicação adotadas por uma comunidade científica específica. Os que trabalham dentro de um paradigma, seja ele a mecânica newtoniana, ótica de ondas, química analítica ou qualquer outro, praticam aquilo que Kuhn chama de *ciência normal*. Os cientistas normais articularão e desenvolverão o paradigma em sua tentativa de explicar e de acomodar o comportamento de alguns aspectos relevantes do mundo real tais como relevados através dos resultados de experiências. Ao fazê-lo experimentarão, inevitavelmente, dificuldades e encontrarão falsificações aparentes. Se dificuldades deste tipo fugirem ao controle, um estado de crise se manifestará. Uma crise é resolvida quando surge um paradigma inteiramente novo que atrai a adesão de um número crescente de cientistas até que eventualmente o paradigma original, problemático, é abandonado. A mudança descontínua constitui uma *revolução científica*. O novo paradigma, cheio de promessa e aparentemente não assediado por dificuldades supostamente insuperáveis, orienta agora a nova atividade científica normal até que também encontre problemas sérios e o resultado seja uma outra revolução. (CHALMERS, 1993, p. 125-126).

McComas (1998, p. 2-7) critica a existência de um método científico geral e universal que é, geralmente, relatado em livros e manuais de Metodologia Científica, baseando-se em etapas, como: a) definir o problema, b) coletar informações de fundo, c) formular uma hipótese, d) fazer observações, e) testar a hipótese e f) tirar conclusões. Este autor também ressalta não aceitação de um único método científico – que possa ser geral e universalmente aceito. Os cientistas precisam resolver problemas com imaginação, criatividade e se baseiam em conhecimentos anteriores, logo não há um método ideal ou infalível.

Acreditar que o produto do trabalho científico seja definitivo é ignorar que a ciência está sempre em construção, quando uma nova informação é apresentada. Por exemplo, caso se parta da generalização (lei) de que todos os cisnes são brancos, os próximos cisnes encontrados deverão também ser brancos; e, se o forem, a lei é corroborada, mas isto não basta para provar que todos os cisnes são brancos, pois há a possibilidade de se encontrar um cisne preto e assim questionar esta lei. Dessa forma, ela precisará ser revista. O mesmo ocorre com o conhecimento científico, ele deve ser revisto diante de uma nova evidência.

Outro mito sobre a ciência é que a experiência é a principal via para o conhecimento científico. É uma via muito útil, mas não é o único caminho para o conhecimento científico. O naturalista inglês Charles Darwin (1809-1882) é um exemplo, pois utilizou técnicas quantitativas, bem como o registro em cadernos de campo referentes às suas observações. O conhecimento científico pode ser produto de muitas abordagens de pesquisa, como: as observações, as descrições, a síntese de análise e não somente basear-se na experiência concreta do pesquisador.

Outro aspecto mitificado da ciência é o trabalho solitário do cientista. Nele existe a crença que “grandes descobertas” científicas são feitas por “ilustres cientistas” considerados como “gênios” que trabalham sozinhos e independentes. Parece inexistir o reconhecimento que o trabalho científico é feito senão em equipes, pelo menos os pesquisadores estão cientes dos temas que estão sendo investigados. Os cientistas são indivíduos, como quaisquer outros, que trabalham em conjunto, e estão inseridos em uma comunidade científica. São, desse modo, influenciados e também influenciam outros pesquisadores (McCOMAS, 1998). Porém há poucos materiais didáticos voltados aos professores que esclarecem este tema e isto é também notório em Zamunaro:

[...] pelo fato de haver poucos textos disponíveis para os professores utilizarem em sala de aula, quando são utilizados encontram-se muitos erros, distorções e contradições: a ciência é fruto de gênios, não se trabalha em grupo, somente homens fazem ciência, não mostram as tentativas e erros no processo de elaboração da teoria, não mostram as crises dos paradigmas. Devido a estas características, os autores descrevem que os alunos acabam construindo uma visão equivocada da ciência [...] (ZAMUNARO, A. N. B. R. 2006. p.32 ).

Muitos dos problemas científicos são complexos, como por exemplo, a restrição financeira para o desenvolvimento da pesquisa e a restrição de tempo. Segundo, McComas (1998), uma única pessoa não prossegue sozinha, ela necessita de outros pesquisadores para conseguir desenvolver uma pesquisa.

Ratificando McComas, segundo Lederman (2002), a ciência é produzida pelo ser humano que está inserido em um contexto determinado, recebendo influência de vários fatores, entre outros: a estrutura do poder engendrada por fatores econômicos, políticos, filosóficos e do tecido social.

Para Praia *et al* (2007), o cientista é orientado por linhas investigativas que já estão determinadas: pelo meio social no qual está inserido, pelo seu grupo de pesquisa; não surgindo novas informações de forma aleatória e espontânea, mas sim dentro de um contexto de pesquisa. Destarte, as ideias de McComas (1998), Lederman *et al* (2002), Praia (2007) são convergentes. Em síntese, deve-se compreender que os cientistas possuem preconceitos, ideologias, enfim o que se pode denominar como “uma visão do mundo da ciência”. Os dados são coletados, interpretados e influenciados por uma tradição de pesquisa, que é compartilhada por uma comunidade científica.

Thomas Kuhn (1922-1996) relata que os cientistas trabalham dentro de uma tradição de pesquisa, denominado paradigma, que é compartilhado por pesquisadores de uma determinada área. Este orienta as pesquisas, e pode limitar a investigação, já que algumas ideias novas serão rejeitadas caso não estejam de acordo com o selecionado paradigma. Isto pode ser observado quando, por exemplo, um trabalho é submetido à publicação. Posteriormente, uma avaliação será feita por pessoas que seguem um determinado paradigma, logo as ideias fora deste paradigma serão rejeitadas, e consideradas como não científicas. Caso isso suceda, o trabalho apresentado não será aceito:

A transição de um paradigma em crise para um novo, do qual pode surgir uma nova tradição de ciência normal, está longe de ser um processo cumulativo obtido através de uma articulação do velho paradigma. É antes uma reconstrução da área de estudos a partir de novos princípios, reconstrução que altera algumas generalizações teóricas mais elementares do paradigma, bem como muito dos seus métodos e aplicações. Durante o período de transição haverá uma grande coincidência (embora nunca completa) entre os problemas que podem ser resolvidos pelo antigo paradigma e os que podem ser resolvidos pelo novo. Haverá igualmente uma diferença decisiva no tocante aos modos de solucionar os problemas. Completada a transição os cientistas terão modificado a sua concepção da área de estudos, de seus métodos e de seus objetivos. (KUNH, 2006 p.166)

As ideias de Lakatos (1989) são divergentes da de Kuhn, porque para Lakatos um programa de pesquisa possui um “núcleo firme”: teoria ou conjunção de hipóteses contra a qual não é aplicada a retransmissão da falsidade. “O núcleo firme é convencionalmente aceito e portanto irrefutável por decisão provisória” (Lakatos 1983 p.116)

Lakatos cita vários exemplos de cientistas, cujo programa de pesquisa continha (um núcleo firme. Como por exemplo: Copérnico: “Há proposição de que as estrelas constituem o sistema de referência fundamental para a física” (LAKATOS, 1989,

p.284). Cita também o programa de pesquisa de Newton e o de Piaget. Neste último, o “núcleo firme” é a hipótese de equilíbrio. No de Newton, são as três leis do movimento e a lei da gravitação universal. Lakatos acrescenta também o conceito de “cinturão protetor”. Este protege o “núcleo firme” sendo constantemente modificado ou expandido. Por exemplo, no programa de Newton o “cinturão protetor” continha modelos do sistema solar, a forma e a distribuição de massa dos planetas e satélites, a ótica geométrica, a teoria da refração da luz na atmosfera etc (LAKATOS, 1989, p.230). O cinturão protetor de Piaget consiste, segundo Yves de La Taille<sup>6</sup> (1972, p.14-21) em um sistema baseado em relacionar-se com seus semelhantes de forma equilibrada.

Alguns aspectos da Natureza da Ciência são mencionados por Lederman (1992, p.2), como de fundamental importância para que os alunos e pesquisadores possam compreender a ciência de forma não dogmática:

- (a) O conhecimento científico é provisório (sujeito a alteração),
- (b) necessariamente envolve inferência humana, imaginação e criatividade (envolve a invenção de explicações),
- (c) envolve, necessariamente, uma combinação de observações e inferências.

McComas (2007, p.251) relata alguns dos aspectos da Natureza da Ciência que segundo ele são fundamentais para o desenvolvimento do currículo, para a formação de professores em geral:

- (a) O conhecimento científico é provisório,
- (b) a ciência tem um componente criativo,
- (c) há influências históricas, culturais e sociais sobre a prática e a direção da ciência,
- (d) a ciência e seus métodos não podem responder a todas as perguntas. Em outras palavras, não existem limites para os tipos de perguntas que podem ser feitas pela ciência.

## 1.2. NATUREZA DA CIÊNCIA E FORMAÇÃO DE PROFESSORES

Gil-Perez *et al* (2001) discutem as deformações sobre a Natureza da Ciência entre professores, na formação inicial e continuada, por meio da análise de textos escolares e entrevistas fornecidas pelos professores. Na pesquisa realizada por eles foram analisados artigos sobre educação científica e didática das ciências, no período de 1984 a 1998, nas revistas *Science Education*, *Enseñanza de las ciencias* entre outras

---

<sup>6</sup> Cf. LA TAILLE, Yves de et al. Piaget, Vygotsky, Wallon. São Paulo: Summus, 1992.

publicações. A seguir, vamos apresentar algumas deformações apresentadas por Gil-Perez *et al.* (2001, p.129-134):

- Uma visão difundida e errônea, entre os professores, é a concepção atórica, que destaca o papel neutro da observação e da experimentação, sem nenhuma influência de ideias prévias, não levando em consideração os conhecimentos que guiam os processos científicos, como as teorias, hipóteses, etc. Outra deformação é a visão rígida que se tem sobre o método científico, como constituído de etapas que devem ser seguidas de forma mecânica com resultados exatos, e pressupostos *a priori*.
- O conhecimento científico deve ser compreendido de forma não problemática, *ahistórica* e linear. Parecendo assim acumulativo e ignorando, por exemplo: possíveis remodelações, as mudanças necessárias e as dificuldades enfrentadas pelos pesquisadores, engendrando, assim, uma interpretação simplista do desenvolvimento do conhecimento. O conhecimento seria obra de pessoas isoladas e gênios. Uma minoria dotada de um conhecimento superior, conseqüentemente não valorizando o trabalho coletivo. Também foi apresentada uma visão descontextualizada da ciência como sendo socialmente neutra, em que os cientistas estão fechados em seu mundo sem influências sociais e/ou políticas.
- A noção de que o método científico seria um conjunto de regras definidas para ser aplicado, de forma excelente, como sendo uma receita extremamente previsível quando, na verdade, o que deveria ser constatado é a existência do pluralismo metodológico. Também se constatou uma falha na compreensão dos aspectos sociais, históricos, culturais do desenvolvimento científico, criando uma visão de ciência neutra.

Segundo Lederman *et al* (2002), alguns documentos afirmam que estudantes e professores não possuem uma boa compreensão sobre a Natureza da Ciência. Esta afirmação é corroborada em estudos anteriores, por exemplo, Abd-el-Khalick *et al* (1998). Quando questionados, os professores afirmavam utilizar a Natureza da Ciência em suas atividades em sala de aula. Mas, em seus planejamentos a Natureza da Ciência não estava presente. Quando confrontados sobre esta discrepância responderam que sentiram um desconforto pela falta de entendimentos sobre a Natureza da Ciência.

Também alegaram a falta de experiência em abordar o assunto e a insegurança em como avaliar os alunos sobre esta temática.

A relação entre a concepção dos professores e sua prática é de extrema complexidade, envolvendo vários fatores, além da falta de conhecimento sobre Natureza da Ciência. Como por exemplo: a preocupação do professor em sala de aula em relação ao tempo disponível, pois existe uma pressão dos dirigentes para que se cumpra com o conteúdo proposto, a gestão em sala de aula nem sempre permite que isso ocorra, pois os alunos apresentam diferentes níveis de conhecimentos prévios, além do problema da empatia necessária entre professor e aluno, entre outros fatores.

### **1.3 HISTÓRIA DA CIÊNCIA UM INSTRUMENTO PARA O ESTUDO DA NATUREZA DA CIÊNCIA**

McComas, (2007) afirma que para se obter uma adequada compreensão sobre a Natureza da Ciência é necessário contextualizá-la historicamente. Segue um breve relato sobre a História da Ciência no Brasil e a sua contribuição para o estudo da Natureza da Ciência.

Segundo Bassalo (1992, p.60-61) no Brasil, em 1960, a disciplina História da Ciência começou a fazer parte do ensino universitário, pois muitos cientistas como Carlos Chagas Filho, José Leite Lopes, Leopoldo Nachbin, e Plínio Sussekind da Rocha, no Rio de Janeiro; Benedito Castrucci, Carlos Henrique R. Liberalli, Carlos da Silva Lacaz, Erasmo Garcia Mendes, José Reis, Mário Guimarães Ferri, Mário Schenberg, Milton Vargas, Osvaldo Frota Pessoa e Simão Mathias, em São Paulo, e Francisco de Assis Magalhães Gomes em Minas Gerais, compreenderam a importância desta na formação de profissionais, para um melhor entendimento da ciência.

Na década de sessenta esta disciplina já fazia parte do currículo do curso de Física da Universidade de São Paulo (USP). A partir de 1970 começou a formação de grupos de pesquisadores sobre a História das Ciências em<sup>7</sup>:

- São Paulo (USP),
- Campinas (UNICAMP),

---

<sup>7</sup> Bassalo não cita o nome dos grupos de pesquisa sobre História da Ciência formados na década de 70.

- Rio de Janeiro (UFRJ),
- Rio de Janeiro, Museu de Astronomia (MAST),
- Rio de Janeiro (PUC)
- Rio de Janeiro, Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) e,
- posteriormente, ao nível das instituições estatais fomentadoras da pesquisa ( Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, financiadora de projetos – FINEP)

Como resultado dessa institucionalização, surgiram diversos textos de História da Ciência, dentre os quais merecem destaque a obra *História das Ciências no Brasil*, coordenada por Mário Guimarães Ferri e Shozo Motoyama, composta por três volumes (FERRI, M.G. e MOTOYAMA, S., 1981); os *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, editados pelo Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência, da UNICAMP; as monografias *Ciência e Sociedade*, sob responsabilidade do CBPF; os textos da *Coleção Clássicos da Ciência*, coordenados pelo MAST; e os livros *Formação da Comunidade Científica do Brasil*, organizado por Simon Schwartzman e financiado pela FINEP (SCHWARTZMAN, 1979) e *A Construção da Ciência no Brasil e a SBPC*, de Ana Maria Fernandes, editado sob os auspícios do CNPq (FERNANDES, 1989). Por fim, com o objetivo de estimular e patrocinar eventos relacionados com a História da Ciência, foi fundada a Sociedade Brasileira de História da Ciência- SBHC, em 16 de dezembro de 1983, sendo Simões Mathias seu primeiro presidente. Logo depois, em 1985, essa Sociedade editava o primeiro número de sua Revista, para acolher os textos sobre História da Ciência produzidos por qualquer professor brasileiro ou mesmo estrangeiro. Antes, em 1982, a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência – SBPC havia fundado a Revista *Ciência Hoje* como um veículo de divulgação da Ciência Brasileira. (É interessante salientar que o CNPq criou o *Prêmio José Reis*, destinado a pessoas físicas e jurídicas, para incentivar a divulgação da ciência no Brasil. Com esse mesmo objetivo, a SBHC criou o *Prêmio Simão Mathia*.) (BASSALO, 1992, p.61)

Segundo Martins (1998), a História da Ciência contribui para o seu ensino porque:

- a) Mostrar através de episódios históricos o processo gradativo e lento de construção do conhecimento, permitindo que se tenha uma visão mais concreta da natureza real da ciência, seus métodos, suas limitações. Isso possibilitará a formação de um espírito crítico fazendo com que o conhecimento científico seja desmitificado sem, entretanto, ser destituído de valor. Assim, o estudo da história da ciência deve evitar que se adote uma visão ingênua (ou arrogante) da ciência, como sendo "a verdade" ou "aquilo que foi provado", alguma coisa de eterno e imutável, construída por gênios que nunca cometem erros e eventualmente alguns imbecis que fazem tudo errado. Por outro lado, deve impedir a adoção de uma visão anticientificista de que todo conhecimento nada mais é do que mera opinião, que todas as idéias são equivalentes e que não há motivo para



aceitar as concepções científicas. No primeiro caso, a história da ciência irá mostrar através de uma análise histórica que a ciência muda ao decorrer do tempo e que ela é feita por seres humanos falíveis que podem aperfeiçoar o conhecimento, o que não significa que suas propostas possam ser consideradas definitivas. No segundo caso, a história da ciência mostrará que, apesar de cometerem erros, os cientistas não agem cegamente e costumam se basear em evidências. b) A História da Ciência mostra, através de episódios históricos, que ocorreu um processo lento de desenvolvimento de conceitos até se chegar às concepções aceitas atualmente. Isso pode facilitar o aprendizado do próprio conteúdo científico que estiver sendo trabalhado. O educando perceberá que suas dúvidas são perfeitamente cabíveis em relação a conceitos que levaram tanto tempo para serem estabelecidos e que foram tão difíceis de atingir. c) Através da História da Ciência o educando irá perceber que a aceitação ou o ataque a alguma proposta não dependem apenas de seu valor intrínseco, de sua fundamentação, mas que também nesse processo estão envolvidas outras forças tais como as sociais, políticas, filosóficas ou religiosas. (MARTINS, 1998, p.18).

*Segundo Martins (1998), o estudo do episódio histórico permite a compreensão que a ciência muda ao decorrer do tempo, ou seja, é feita por seres humanos falíveis que se baseiam em evidências e são influenciados por forças sociais, políticas, filosóficas, religiosas, entre outras. Dessa forma, concebe-se uma visão mais concreta e real da Natureza da Ciência, possibilitando a formação do espírito crítico dos pesquisadores.*

#### **1.4. HISTÓRIA DA CIÊNCIA NOS MATERIAIS DIDÁTICOS**

Segundo Martins (1993, p.74), nos livros didáticos a História da Ciência está presente apenas com nomes e datas, e por trás de um estudo cronológico deste tipo subentende-se que:

- a) a História é feita por grandes personagens;
- b) a História é constituída a partir de eventos ou episódios marcantes;
- c) cada alteração histórica ocorre em uma data determinada;
- d) cada fato é independente dos demais e pode ser estudado isoladamente.

As transformações da ciência, ao longo da história, é um fato bem mais complexo, do que é apresentado nos livros didáticos. Discutir e apresentar a História da Ciência nos livros didáticos é mais que citar nomes e datas. A utilização da História da Ciência é uma complexa tarefa, pois: a) abrange múltiplos aspectos do desenvolvimento da ciência; b) há falta de tradução de material de fontes primária e

secundária; c) deficiência no curso na formação de professores, d) a apresentação da ciência como construção humana . Segundo Matthews (1995, p. 2):

A história, a filosofia e a sociologia da ciência podem humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; podem tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; podem contribuir para um entendimento mais integral de matéria científica, isto é, podem contribuir para a superação do mar de falta de significação que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam; podem melhorar a formação do professor auxiliando o desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e mais autêntica, ou seja, de uma maior compreensão da estrutura das ciências bem como do espaço que ocupam no sistema intelectual das coisas.

Nos livros didáticos, em geral, é apresentada uma visão errônea da Natureza da Ciência não contribuindo para a compreensão dos conceitos científicos, na medida em que se pede ao aluno que memorize informações sem que estas sejam ressignificadas por ele.

Existem alguns problemas, em geral, quanto à análise histórica, em materiais didáticos, que prejudicam a compreensão da Natureza da Ciência. A seguir, serão apresentados os mais comuns:

- 1) O whiggismo é um conceito introduzido por Butterfield (1957) em sua obra *The Whig Interpretation of History*, em 1931, que consiste em uma interpretação histórica do passado sob uma perspectiva do presente (anacronismo).

Uma história Whig interpreta fatos históricos passados a partir da perspectiva e utilização de conceitos aceitos atualmente, os historiadores whigs produzem narrativas que se centram em personagens consideradas como principais, ou seja, aquelas que atualmente têm seus feitos reconhecidos como importantes para a construção de um determinado conhecimento científico. Nesse sentido, poderíamos falar de uma história do passado a partir de uma perspectiva daqueles que venceram. ( BATISTETI, 2010. p. 66).

- 2) Outro erro cometido é o da pseudo-história, em que não é valorizado o processo científico, mostrando uma visão idealizada do cientista, simplificando a história da ciência.

[...] usa fatos seletivamente e assim promove imagens enganosas – neste caso, sobre a Natureza da Ciência. Refiro-me, em particular, para as histórias que romantizam cientistas, inflamam o drama de suas descobertas, e simplificam o processo de ciência (ALLCHIN, 2004, p.1).

Segundo Allchin (2004), a pseudo-história se baseia em acontecimentos históricos reais, porém a abordagem pode contribuir para uma imagem enganosa, pois pode enfatizar estereótipos, falsas idéias, expondo de forma fragmentada os acontecimentos históricos sem um contexto adequado. Em muitos casos os acontecimentos científicos podem ser explicados de forma a contar de forma romantizada as descobertas, enfatizando contribuições do indivíduo, diminuir acidentes ou erros, simplificar os processos investigativos, disfarçar as motivações do pesquisador, esconder os valores culturais e pessoais, desta forma a ciência se torna irreal e imaginária. Dois elementos comuns da pseudo-história são drama afetivo e idealização por processos científicos, que atrasam a maneira de compreender a Natureza da Ciência.

Não é raro o fato de se mitificar cientistas, ora rotulando-os como gênios, ou como pessoas alienadas socialmente. Principalmente nos relatos biográficos, há uma tendência a romantizar e/ou dramatizar a vida de um cientista notável como meio de ressaltar a importância de sua obra. Esta é uma técnica especialmente utilizada pelos meios de comunicação de massas (rádio, televisão, jornal impresso e online, revistas não científicas, etc). Para tornar o produto (notícia, reportagem, ensaio, etc.) mais vendável. No mundo atual, as informações são atualizadas, virtualmente em questão de segundos. Isto faz com que os pesquisadores recorram a vários veículos de difusão de ideias. Notoriamente o público alvo atual interessa-se mais por reportagens, notícias, ensaios e etc, de celebridades ou de pessoas que, de algum modo, chamem a atenção rompendo com o que seria já previsível.

## 2. STANLEY LLOYD MILLER

Stanley Lloyd Miller nasceu em 07 de março de 1930, em Oakland, Califórnia, seus pais e seu irmão Donald frequentaram a Universidade da Califórnia, em Berkeley. O pai de Miller se tornou um advogado de prestígio, foi nomeado vice-promotor por Earl Warren em 1927, promotor público do condado de Alameda (na Califórnia), se tornou o 30º governador da Califórnia e o 14º Chefe de justiça da Suprema Corte dos EUA. Sua mãe foi professora, o que possivelmente influenciou Miller na escolha da profissão. Seu irmão Donald estudou química; Stanley decidiu seguir seus passos, pois sabia que seu irmão iria ajudá-lo caso tivesse problemas com o curso. (BADA & LAZCANO, 2012).

Miller ao finalizar a graduação, optou por seguir carreira acadêmica. Uma de suas preocupações era a financeira, pois seu pai havia falecido em 1946, e sua família não poderia auxiliá-lo integralmente. O único apoio financeiro existente na época era os estágios remunerados, e a Universidade de Chicago, no Instituto de Tecnologia de Massachusetts, possuía esse sistema. Miller conseguiu bolsa de estudo deste instituto, formando-se em junho de 1951; Posteriormente foi para Chicago. (BADA & LAZCANO, 2012).

Em uma entrevista concedida à Campbell (1989) à revista Time<sup>8</sup>, Miller foi questionado sobre a sua escolha da graduação na Universidade da Califórnia e para a pós-graduação na Universidade de Chicago:

Eu escolhi Berkeley porque era perto da minha casa, em Oakland, e foi uma boa escola. Era também dispendioso sair de casa. Quanto à pós-graduação, o Departamento de Química, em Berkeley, não permitia que alunos de graduação continuassem como alunos de pós-graduação. Isso é comum nos departamentos de química. A sensação é que a química é tão abrangente que os alunos devem ampliar sua perspectiva, participando de uma escola diferente. Eu conversei com um número de professores sobre qual era o melhor lugar para ir e Chicago parecia a melhor escolha. O salário oferecido foi adequado. (CAMPBELL, 1989 p.349)

Os alunos da pós-graduação, como Miller, tinham disponíveis seminários apresentados no Departamento de Química. Em outubro de 1951, ele participou de um

---

<sup>8</sup> A revista Time publicou uma página inteira sobre os experimentos de Miller.

desses seminários, ministrado pelo professor de química Harold Clayton Urey, que seria seu futuro orientador. Urey desenvolveu pesquisas sobre a origem do sistema solar, e os acontecimentos químicos associados a este processo. Um dos pontos destacados por ele foi sobre o surgimento da vida que ocorreria em uma atmosfera primitiva e redutora (sem a presença de oxigênio) e com o metano ( $\text{NH}_4$ ), amônia ( $\text{NH}_3$ ) e hidrogênio ( $\text{H}_2$ ). (BADA & LAZCANO, 2012).

Harold Clayton Urey nasceu em Walkerton, Indiana e graduou-se na Universidade de Montana. Logo após que os Estados Unidos entraram na Primeira Guerra Mundial (1914-1918), transferiu-se para um laboratório de química industrial na Filadélfia, para auxiliar na produção de material de guerra. Posteriormente retornou à Universidade de Montana, tornou-se instrutor de química por dois anos, iniciando em Berkeley seu trabalho de pós-graduação em química (MILLER & ORÓ, 1981).

Em 1923, Urey viajou a Copenhague para passar um ano estudando física atômica. O ponto culminante dessa fase de sua carreira veio em 1931, com a descoberta do deutério<sup>9</sup>. Com isso ele foi premiado com o Prêmio Nobel de Química em 1934, tornando-se o terceiro químico americano e o sexto físico americano a receber este prêmio. (MILLER & ORÓ, 1981).

Por uma década Urey ocupou-se com os aspectos teóricos e experimentais da química isotópica, tornando-se uma autoridade no assunto. Durante o período de 1933 a 1940, tornou-se editor do *Journal of Chemical Physics*, uma das principais revistas científicas da época. Em 1940, o governo teve intenso interesse em temas como a fissão atômica, pois neste período estava acontecendo a Segunda Guerra Mundial, e a fissão atômica permitia o desenvolvimento de bombas. Neste contexto, Urey tornou-se diretor do programa criado na Universidade de Columbia, que tinha como objetivo separar os isótopos<sup>10</sup> de urânio; assim foram desenvolvidos processos para a separação do mesmo. (MILLER & ORÓ, 1981).

---

<sup>9</sup> Deutério - O deutério é um isótopo pesado e estável do hidrogênio, é um gás incolor, inodoro e não tóxico. InfoEscola. Disponível em: <http://www.infoescola.com/quimica/deuterio/>. Acesso em: 10 fev. 2013.

<sup>10</sup> Isótopos – são espécies atômicas de um mesmo elemento químico que possuem massas diferentes, pelo fato de o número de nêutrons em seus núcleos serem distintos, ou seja, possuem o mesmo número de prótons (conhecido como número atômico, Z), mas diferentes números de nêutrons (N) no núcleo

Miller estava a quase um ano (1951-2) trabalhando com a orientação do físico teórico de origem húngara Edward Teller (1908-2003), considerado o inventor da bomba de hidrogênio. Teller anunciou que estava deixando Chicago, para trabalhar no Laboratório Nacional Lawrence Livermore, mas declarou que continuaria a orientar Miller. No entanto, vários professores, aos quais Miller relatou sobre a colaboração de Teller, acharam uma má ideia tê-lo como orientador, pois a distância poderia prejudicar as pesquisas. Diante disso, Miller, começou a pensar em Urey para orientá-lo. Em setembro de 1952, entrou em contato com o mesmo, propondo fazer uma experiência simulando a atmosfera primitiva redutora, utilizando a amônia ( $\text{NH}_3$ ), metano ( $\text{NH}_4$ ) e hidrogênio ( $\text{H}_2$ ), para compreender a origem da vida. Urey foi contra esta ideia, mas Miller insistiu, de forma que ele cedeu, e o deixou fazer algumas experiências, mas foi bem claro: caso não houvesse resultado, dentro de um ano, o projeto deveria ser abandonado (BADA e LAZCANO, 2012).

Quando proposto pela primeira vez a experiência, qual foi a reação de Urey? "Bem, eu fui até Urey e disse a ele que eu queria fazer um experimento para testar suas ideias sobre a atmosfera primitiva e a síntese de compostos orgânicos. Ele tentou falar comigo para fazer outro projeto. Quando ele percebeu que eu estava determinado, nós concordamos que iríamos tentar por seis meses ou um ano, e se nada desse certo, tentaríamos algo mais convencional. Mas desde que obtivéssemos resultados encorajadores, não pensaríamos em desistir." (CAMPBELL, 1989 p.350).

A experiência projetada por Miller será discutida com maior profundidade, no capítulo 4, e destina-se a simular a composição da atmosfera primitiva redutora. O resultado da experiência apresentou a formação de aminoácidos. Diante disso, Urey decidiu encaminhar o trabalho para uma revista.

Urey entrou em contato com a revista *Science*, em 10 de fevereiro de 1953, para publicar os resultados realizados com o desenvolvimento de vários aparelhos<sup>11</sup>, mas não obteve uma resposta. Por esse motivo ele tentou novo contato, desta vez com Howard Meyerhoff, presidente do Conselho Editorial. Queixou-se, nesta ocasião, da falta de progresso na publicação. Passado um mês, Urey não obteve nenhuma resposta. Furioso ele pediu o retorno do documento, e o encaminhou para o *Journal of the American Chemical Society* em 13 de março de 1955. Neste meio tempo Meyerhoff,

---

atômico. Uma vez que a massa atômica ( $A$ ) é dada pela soma do número de prótons e do número de nêutrons, isótopos de um mesmo elemento terão diferentes valores de  $A$  (MARTINELLI, 2009).

<sup>11</sup> Sobre o processo de desenvolvimento desses aparelhos, ler capítulo 4.

frustrado com a situação, entrou em contato com Miller dizendo que queria publicar a pesquisa. Ele aceitou, e pediu o retorno do artigo ao *Journal* afirmando que havia um erro no trabalho. Após dois meses, em 15 de maio de 1955 o artigo *A Production of Amino Acids Under Possible Primitive Earth Conditions*, (A produção de aminoácidos sob possíveis condições primitivas da terra) foi publicado na revista *Science*. Nesta publicação não aparecem o nome de Urey, que retirou o seu nome, pois caso o colocasse Miller jamais teria reconhecimento do trabalho. (BADA & LAZCANO, 2012).

## 2.1. ALEKSANDR IVANOVICH OPARIN

Aleksandr Ivanovich Oparin (1894-1980) era filho de Dmitrievich e Aleksandra Aleksandrovna, nasceu em Uglich. Sua irmã trabalhou como enfermeira, durante a Primeira Guerra Mundial, seu irmão Dmitrii se formou no Instituto Politécnico de Petrogrado como economista em 1915. Oparin entrou no curso de Ciências Naturais, em 1912, na Universidade de Moscou. Neste período também trabalhava em uma fábrica de produtos farmacêuticos. Finalizado o curso, realizou pesquisas no departamento de fisiologia vegetal, onde, posteriormente, trabalhou como assistente de ensino nos anos de 1921-1925.

Em 1922, a universidade o enviou ao exterior, para estudar no laboratório de Albrecht Kossel em Heidelberg. Oparin visitou também outros países como a Austrália, Itália (1924), França (1925), retornando em 1925.

Aleksandr Ivanovich Oparin investigou sobre a origem da vida em seu livro *A origem da vida*, publicado em 1936. Neste foi citado Charles Darwin e sua obra *Origem das Espécies* (1859), considerado um livro de fundamental importância no século XIX para explicar a origem da vida, pois no século XIX persistia ainda a crença de que as espécies eram fixas e criadas por um Deus. Darwin propôs que os seres vivos estariam em constante transformação, dando a ideia de que os organismos poderiam se modificar, ou seja, os organismos vivos seriam o resultado de uma transformação gradual. A obra foi considerada revolucionária, pois tentou explicar a origem das espécies sem o auxílio de uma força sobrenatural. (FRY, 2000).

Foi discutida também, nesta obra, a ideia de que os seres vivos teriam surgido de uma única forma primordial. Para Darwin (2003), deve-se admitir também que todos os seres organizados, que vivem ou que viveram na Terra, podem derivar de uma só forma primordial.

[...] pelo princípio da seleção natural com divergência de caracteres, não parece impossível que os animais e as plantas tenham podido desenvolver-se partindo dessas formas inferiores e intermediárias; ora, se admitirmos este ponto, devemos admitir também que todos os seres organizados que vivem ou que viveram na Terra podem derivar de uma só forma primordial. [...] (DARWIN, 2003, p. 549)

Também descreve os seres vivos como uma “árvore evolutiva” ou “árvore da vida” que se originou a partir de uma raiz comum, um ancestral comum, um começo simples, seguido depois pela evolução dos seres vivos. (FRY, 2000, p.55).

A seguir é representada a árvore da vida, onde 1 representa o início dos seres vivos ou seja os mesmos tiveram origem a partir de um único ponto representado pelo número 1 e evoluíram a partir do mesmo, como representa a figura 1.





**Figura 1 - Árvore da vida**

Fonte: <http://darwin-online.org.uk/manuscripts.html>

Em 01 de fevereiro de 1871, aproximadamente doze anos após a publicação do livro, Darwin escreveu uma carta ao botânico naturalista inglês, Joseph Dalton Hooker (1817-1911):

[...]poderíamos conceber que em algum lagozinho morno, com todos os tipos de amônia e sais fosfórico, luz, calor e eletricidade presentes, que um composto de proteína foi quimicamente formado, pronto para sofrer mudanças ainda mais complexas [...]. (PERETO *et al* 2009, p. 396)

Não se sabe se Oparin teve acesso a esta carta, uma vez que ela não foi mencionada no livro. Porém, acredita-se que ele tenha, de alguma forma, entrado em contato com esta ideia, pois o fisiologista de plantas, agrônomo Kliment A. Tymiriazev (1843-1920), (citado no livro), a partir de 1865, tornou-se um dos principais defensores do darwinismo na Rússia.

Seguindo o contexto da época, o pesquisador naturalista alemão Lorenz Oken (1779-1851), destacou todos os seres vivos constituem-se de células. (LAZCANO, 2010).

Algumas décadas após, foi constatada uma substância gelatinosa que estava presente em todos os seres, que foi denominada como “protoplasma” pelo médico Johannes E. Purkinje (1787-1869) e pelo botânico alemão Hugo Von Mohl (1805 - 1872). Estes também pressupuseram que compreendendo a composição do protoplasma seria possível entender a composição físico-química dos componentes para o surgimento da vida. (LAZCANO, 2010).

Segundo o químico escocês Thomas Graham (1805-1869), o protoplasma era um *colóide* em sua forma inicial, constituído por proteínas, que se desenvolveram, e originaram a vida. Partindo desses pressupostos, Thomas Henry Huxley (1825-1895) foi um biólogo britânico conhecido como sendo um dos maiores defensores públicos do livro *A Origem das Espécies* de Darwin. Relatou que os traços básicos da vida poderiam ser compreendidos em termos das propriedades físicas e químicas que compõem o protoplasma. (FLY, 2000).

Oparin foi influenciado por vários autores, além dos citados, como Hooker que descreveu o protoplasma (colóide) constituído por proteínas que foram se modificando. O vocábulo “colóide” também foi usado no livro de Oparin que destacou um capítulo inteiro denominado *Origem das primeiras formações coloidais* para explicar a importância e a formação do protoplasma.

## **2.2 LIVRO A ORIGEM DA VIDA**

A seguir será exposta uma análise sobre o livro *A Origem da Vida* (1936) de Oparin.

No primeiro capítulo denominado *A luta do materialismo contra o idealismo e a religião*, Oparin expõe o problema da origem da vida, mostrando duas visões distintas sobre como esta teria se originada:

a) Visão idealista, que é a base para as religiões: defende que a vida é a manifestação de um princípio espiritual superior que é dotado de uma alma. Desse modo, todos os seres vivos foram criados por Deus, possuindo um espírito superior (OPARIN, 1936):

O ser supremo, Deus, insuflou uma alma viva à carne inanimada e inerte e que esta parcela eterna da divindade tornou vivo o que move o ser e o mantém com vida. Quando ela se evola só permanece o invólucro material vazio, um cadáver que se decompõe e putrefaz. A vida é uma manifestação da divindade (OPARIN, 1936, p.8).

b) Visão do materialismo: a vida é de natureza material. Não há necessidade para se apelar a um princípio espiritual para explicá-la. A vida é uma forma particular de existência da matéria, e as leis científicas determinam a origem e a destruição da mesma (OPARIN, 1936).

Oparin elabora um breve levantamento histórico de como era vista a questão da origem da vida, na Grécia Antiga<sup>12</sup>. Afirmou que muitos filósofos não davam credibilidade para a concepção mística sobre a origem da vida. Nos séculos seguintes, a concepção idealista predominou principalmente com o filósofo grego Platão (427-347 a.C)<sup>13</sup>. Para os seguidores idealistas, tanto os vegetais como os animais só são animados quando neles uma alma imortal se aloja.

Aristóteles (384-322 a.C)<sup>14</sup> descrevia diversos casos nos quais os seres vivos apresentavam surgimento espontâneo. Segundo Oparin (p.11): “[...] a matéria é, pois,

<sup>12</sup>Período Arcaico é o nome que se dá ao período da Grécia Antiga em que ocorreu o desenvolvimento cultural, político e social, situado entre 800 a.C. e 500 a.C. Cf. CHAUI Marilena. Convite à Filosofia. São Paulo: Ática, 1997, 40-41. Não é objeto de este trabalho discorrer sobre a História da Grécia antiga e seus períodos. Todavia, necessário acrescentar que os gregos, em geral, consultavam Oráculos para saberem dos deuses as decisões que deveriam tomar. Nesse sentido, eram místicos; a pesquisadora, portanto, discorda da afirmação de Oparin. Até os dias atuais a visão religiosa (mística) e a científica coexistem.

<sup>13</sup>Platão nasceu em Atenas e pertencia a uma das mais nobres famílias atenienses. Pode-se resumir a filosofia platônica afirmando que esta é fundamentalmente dualista. Ao admitir a existência de dois mundos: o mundo das ideias imutáveis, eternas, e o mundo das aparências sensíveis, mutáveis; Platão concebe o mundo sensível (onde vivemos) uma certa realidade, mas ele só existe porque participa do mundo das ideias do qual é uma cópia, ou, mais exatamente, uma sombra.

<sup>14</sup>O filósofo Aristóteles de Estagiar, discípulo de Platão. Aristóteles escreveu uma verdadeira enciclopédia de todo o saber que foi produzido e acumulado pelos gregos em todos os ramos do pensamento e da prática, considerando essa totalidade de saberes como sendo a Filosofia. Ressaltou que cada saber, no campo que lhe é próprio, possuía seu objeto específico. Possuía também procedimentos específicos para

inerte; mas a vida dela se apodera, imprime-lhe a forma conveniente e a organiza graças a uma força espiritual”. Tal concepção teve grande influência nas escolas filosóficas.

Oparin ressaltou que a Bíblia (texto sagrado do cristianismo) teria sido criada segundo lendas místicas do Egito e da Babilônia, que serviram para a elaboração de uma concepção mística sobre a origem da vida. Santo Agostinho (354 d.C – 430 d.C) procurou, em suas obras, mostrar a geração espontânea segundo uma concepção cristã, estabelecendo uma correspondência entre a geração espontânea e os dogmas da igreja católica.

A teoria da geração espontânea dos organismos era interpretada como uma animação da matéria por um espírito divino, Tomás de Aquino (1225-1274) publicou obras segundo as quais os seres vivos eram uma animação da matéria. Segundo Oparin, ainda é defendida pela igreja a ideia de que os seres foram originados por geração espontânea (de forma definida e sem alterações).

Essas ideias receberam o que Oparin chama de “golpe demolidor”, pois o naturalista britânico Charles Darwin, o russo K. Timiriázev (1843-1920), russo Alexandre O. Kovalevski (1840 – 1901), russo Ilya I. Mechnikov (1845 – 1916), entre outros, mostraram por meio de estudos que os seres vivos não eram idênticos desde a sua formação. Estudos de fósseis mostram que os seres que habitavam a terra, há milhões de anos, não eram semelhantes aos atuais (cabe ressaltar que o livro foi publicado em 1936, portanto o termo atual se refere ao século XX). Darwin, segundo Oparin, baseou-se em provas científicas para afirmar que a vida faz parte do desenvolvimento da matéria, de sua transformação, que se modifica com o tempo. Assim, toda matéria permaneceria em constante movimento, evoluindo, em níveis cada vez mais complexos. Ressaltou que tal processo não ocorreu de um surgimento espontâneo, uma vez que até mesmo os seres mais simples possuem uma estrutura complexa. Mesmo estes seres simples não seriam constituídos por uma matéria que surgiria de um “golpe”, e sim teriam passados por longas modificações. Desse modo, para estudar o problema da origem da vida é importante compreender essas

---

sua aquisição e sua exposição; isto é, formas próprias de mostrar e provar. Cada campo do conhecimento é uma ciência (ciência, em grego, é episteme). Assim, devemos primeiro conhecer as leis gerais que governam o pensamento, independentemente do conteúdo que possa vir a ter. O estudo das formas gerais do pensamento, sem preocupação com seu conteúdo, chama-se lógica, e Aristóteles foi o criador da lógica como instrumento do conhecimento em qualquer campo do saber. A lógica não é uma ciência, mas o instrumento para a ciência e, por isso, na classificação das ciências feita por Aristóteles, a lógica não aparece, embora ela seja indispensável para a Filosofia e, mais tarde, tenha se tornado um dos ramos específicos dela. Cf. CHAUI, Marilena. Convite à Filosofia. São Paulo : Ática, 1997,-40-41.

transformações, assim como a história da formação e desenvolvimento do planeta em que vivemos.

Somente no segundo decênio do século XX a origem da vida foi abordada de forma evolucionista por K. Timiriázev. Este autor relatou, no artigo *Crônica Científica* de 1912, que a origem da vida seria a passagem (transição) do mundo inorgânico para o orgânico. Outro pesquisador citado é o russo Vladimir M. Komarov (1927-1967) defendeu a teoria bioquímica da origem da vida, segundo a qual a evolução consistiria em uma etapa sucessiva da evolução da matéria. Esta evolução não seria simples e sim apresentava níveis de complexidade cada vez maiores, até chegar à origem da vida de fato, em que seriam invocadas as casualidades e/ou forças físicas.

O título do segundo capítulo do livro de Oparin é *Origem das primeiras substâncias orgânicas: os hidrocarbonetos e seus compostos*. Neste ele relatou que todos os seres vivos eram constituídos de substâncias orgânicas; por esse motivo ele supôs que na primeira etapa da origem da vida, teria ocorrido a formação das substâncias orgânicas (hidrocarbonetos e seus compostos). Estas substâncias continham o elemento carbono na sua constituição que, em geral, combinava-se com o nitrogênio, enxofre, fósforo. No núcleo central da Terra, existia a presença de carbonetos, que eram carbonos ligados a metais e entravam em reação com a água; o carbono do carboneto se ligava ao hidrogênio da água, formando os hidrocarbonetos.

O planeta Terra teria sido formado por uma substância gasosa e pulveriforme que possuía em sua constituição: hidrogênio, metano, amônia e água; estes compostos estariam, então, presentes desde o início do planeta. Os hidrocarbonetos se uniram a água, de forma a se hidratar, dando origem à oxidação dos hidrocarbonetos, surgindo os álcoois, aldeídos, cetonas, ácidos, entre outras substâncias orgânicas simples. Estas possuíam como elementos: o carbono, o hidrogênio e o oxigênio, estes se uniam com a amônia, que possuía o elemento nitrogênio, originando vários elementos como: as amidas e aminas. Essas substâncias se uniriam e formariam as primeiras substâncias orgânicas.

A composição química dessa matéria gasosa e pulveriforme demonstrou a presença de hidrogênio, metano e, talvez, de hidrocarbonetos mais complexos, de amoníaco e de água. Desse modo, desde a origem de nosso planeta a partir da matéria sideral, entraram em sua composição os hidrocarbonetos mais simples, a água e o amoníaco, isto é, tudo o que é necessário para a formação das primeiras substâncias orgânicas. (OPARIN, 1936, p. 34 )

Na *Origem das proteínas primitivas*, terceiro capítulo, Oparin mostrou a ideia de que nas águas do oceano primitivo existiam substâncias orgânicas elementares; nelas as reações se sucediam sem ordem determinada, de maneira caótica. As águas sofriam modificações químicas, e diversos produtos eram formados, tendendo, ao longo desse processo, surgirem substâncias mais elaboradas e de peso molecular maior. Assim, foram formadas as chamadas “águas mornas” e os “laguinhos mornos” dos oceanos primitivos. No processo de desenvolvimento do planeta deveriam ter sido formadas numerosas combinações protéicas, assim como numerosas substâncias.

No capítulo seguinte, *Origem das primeiras formações coloidais*, Oparin mostrou que as soluções de substâncias orgânicas estavam distribuídas, mais ou menos de forma regular, encontrando-se em constante e desordenado movimento. Oparin defendeu a suposição de que entre os seres vivos e as substâncias orgânicas haveria alguma estrutura singular (individual), um tipo de sistema isolado; no caso das substâncias orgânicas de baixo peso molecular, sob a influência de diversos fatores, as moléculas teriam a tendência de combinarem entre si, formando aglomerações (agregados de elevado peso molecular) e delas se destacariam gotículas. Estas foram denominadas por Oparin como *coacervatos*, semelhantes ao protoplasma.

Os coacervatos apresentam, assim, certos elementos de organização, embora de organização evidente muito primitiva e instável ao extremo. Apesar disso, esta organização já determina certas propriedades dos coacervatos, destacando-se sua capacidade de absorver diversas substâncias suspensas. (OPARIN, 1936, p. 62)

Alguns destes absorviam os componentes da solução aquosa e aumentavam o seu peso molecular, outras não (diminuíam e desapareciam). A estrutura interna da gota, na qual o crescimento era rápido, tornava-se complexa, crescendo e se adaptando com mais facilidade. Em milhões de anos, essa gota crescia e se multiplicava, dividindo-se cada vez mais, adquirindo uma estrutura cuja organização era primitiva e instável. Isso originou a concentração de substâncias orgânicas em certos pontos do espaço; assim, cada gota adquiriu certa individualidade (ou singularidade).

No penúltimo capítulo, *Organização do protoplasma vivo*, o autor mostrou que as substâncias orgânicas possuíam uma imensa possibilidade química para originar variadas reações. Todavia esse processo demandava lentidão, e baixíssima velocidade. Os catalizadores do protoplasma eram os chamados fermentos, que aceleravam as reações químicas entre as substâncias orgânicas; caracterizavam-se por possuírem ação

específica. O fermento entrava em contato com o substrato sendo por ele modificado, podendo combinar-se novamente com uma nova porção de substrato. Com essa especificidade, cada um era capaz de catalisar uma única reação específica. O conjunto dessas reações combinadas com precisão criava um fenômeno denominado como metabolismo. Os fermentos eram influenciados por flutuações de acidez e oscilação de temperatura. Cada substância que se formava no protoplasma alterava a velocidade e a direção de uma reação química, agindo assim sobre os fenômenos vitais que estavam ligados entre si:

A profusão das reações químicas que se efetuam no protoplasma não só estão coordenadas no tempo, não só constituem uma ordem única e harmoniosa, com essa ordem tende a assegurar a renovação e a manutenção de todo o sistema vivo, rigorosamente em consonância com as condições do mundo exterior. Precisamente por isso é que o protoplasma é um sistema dinâmico estável que conserva, de geração em geração, a organização que lhe é própria, malgrado a desintegração (desassimilação) constante de que é palco. Os dispositivos químicos que dirigem e ativam os processos protoplasmáticos são os fermentos, eles se ligam com as substâncias orgânicas e aumentam a ação catalítica ( OPARIN, 1936. p. 80).

O autor finaliza o capítulo formulando uma questão acerca do estudo baseado apenas no protoplasma em sua forma atual:

Baseando-nos, porém, unicamente nas leis indicadas, apenas no estudo do protoplasma em sua forma atual, não poderíamos responder a pergunta de por que esta ordem vital é como é hoje, por que é tão harmoniosa com as condições do meio externo. Para responder a essas perguntas faz-se mister estudar a matéria em sua evolução histórica. (OPARIN, 1936, p. 81)

No sexto e último capítulo denominado *Aparecimento dos primeiros organismos* as sínteses, ocorridas nos sistemas coloidais, adquiriam estabilidade quando apresentavam coordenação entre si, mostrando ritmo e uma determinada regularidade, sendo assim a estrutura dos primeiros coacervatos instáveis, é extremamente dependente do meio externo. Este se tornou um ambiente estável e organizado com reações fermentativas, no sentido de predominância de síntese sobre desagregação; assim, a organização se aperfeiçoava e seguia uma progressiva complexidade; esse progresso conduziu a uma nova forma de existência da matéria, o que originou o surgimento dos primeiros seres vivos.

Os dispositivos químicos internos que ativam e dirigem a marcha dos processos protoplasmáticos são os fermentos [...] Os fermentos são complexos nos quais se combinam substâncias cuja ação catalítica é aumentada consideravelmente por proteínas específicas. ( OPARIN, 1936, p. 87 ).

## Segundo Oparin:

a estrutura desses primeiros organismos primitivos era muito mais perfeita que a das gotas de coacervato, mas ainda muito mais simples que os primeiros seres vivos atualmente conhecidos. Faltava-lhes ainda estrutura celular. Esta só apareceu em uma etapa muito mais adiantada no desenvolvimento da vida (OPARIN, 1936, p.90).

Ao longo do tempo, as estruturas dos seres vivos se aperfeiçoavam cada vez mais e se tornavam melhor organizadas; a princípio os seres vivos só podiam se alimentar de substâncias orgânicas (heterótrofos), e estas substâncias diminuíram, e para sobreviverem alguns animais desenvolveram processos de elaboração de substâncias orgânicas (autótrofos). Estes processos constituíam em: absorver energia dos raios solares e decompor o anidrido carbônico; a partir do carbono decomposto foram elaboradas substâncias orgânicas, surgindo assim as plantas inferiores, as denominadas algas azuis. Outros seres vivos conservaram seu antigo processo de nutrição, alimentando-se de algas, cujas substâncias orgânicas eram aproveitadas surgindo, assim, de forma muito primitiva o mundo animal .

Na era eozóica, tanto as plantas e animais eram unicelulares, possuindo semelhança com as bactérias, algas azuis e as amebas. O aparecimento dos organismos pluricelulares se tornou um grande acontecimento relativamente ao desenvolvimento da matéria viva, ao se diversificarem e aumentarem seu nível de complexidade. Durante esta era, a população do oceano se modificou: imensas algas povoavam as águas dos mares, apareceram medusas, moluscos, equinodermos e a vida entrou em uma nova era, a paleozoica. Esta se subdividia em períodos: cambriano, siluriano, devoniano, carbonífera e permiano.

[...] no período cambriano, toda a vida se concentrava nos mares e oceanos: “Não havia nenhum vestígio dos vertebrados atuais como, por exemplo, répteis, pássaros, mamíferos; não existiam flores, nem árvores”. Então, o mundo vegetal era constituído de algas, e o animal de celentérios, espongiários, anelídeos, trilobitas, equinodermos [...] Durante o período siluriano: “surgiram as primeiras vegetações, e no mar, os primeiros vertebrados que lembravam as atuais lampreias, que se assemelham aos peixes por não possuírem mandíbula”. Já no devoniano, nas lagoas primitivas surgiram os primeiros peixes que se assemelhavam aos tubarões, não existiam os peixes “(OPARIN, 1936, p. 91)”.

No próximo período, denominado siluriano, surgiram as primeiras vegetações na Terra e, no mar as lampreias que são semelhantes aos primeiros vertebrados. Estas eram distintas dos peixes por não terem mandíbula. Há 350 milhões de anos, ao longo do



período devoniano, surgiram em lagoas primitivas “os primeiros peixes verdadeiros”. Estes se assemelhavam aos tubarões. “Não existiam ainda verdadeiros peixes telósteos, como a perca, a tenca e o lúcio” (OPARIN, 1936, p.92)

Milhões de anos mais tarde, na era carbonífera, a Terra estava recoberta com florestas. Nas margens dos lagos e rios, existiam numerosos anfíbios, que desovavam na água e por isso estes não se afastavam dela. No fim deste período, surgiram os répteis, que possuíam uma pele endurecida e, desse modo, podiam se proteger do ressecamento. Logo, não necessitavam desovar na água, pois punham ovos na terra.

Oparin não ofereceu maiores detalhes sobre como estas espécies se desenvolveram. O autor utilizou uma linguagem muito próxima à coloquial, conforme se pode observar no trecho a seguir:

O permiano principiou há 225 milhões de ano. As felíceneas foram sendo deslocados paulatinamente pelos predecessores das atuais coníferas, os sagueiros. Os anfíbios aquáticos seguem lugar aos répteis mais adaptados ao clima seco. Seguem os antepassados dos primeiros sáurios, terríveis, ou dinossauros, répteis gigantescos que nas eras seguintes predominavam na Terra. Nessa época não existiam ainda, porém nem as aves, nem as feras. (OPARIN, 1936, p.92)

No período jurássico e cretáceo apareceram as árvores, as flores e muitas plantas que são parecidas com as atuais. Existiam animais como os dinossauros. Os répteis tinham como meio ambiente a água, o ar e a terra. No mar habitavam animais como, por exemplo, as serpentes, os ictiossauros e os plesiossauros.

O próximo período foi denominado como período terciário. No início deste, extinguiu-se parte dos répteis grandes, e apareceram muitas espécies de aves e mamíferos; porém, os mamíferos não se caracterizavam como os animais atuais. Não existiam ainda os macacos, os cavalos, os touros, as renas, e os elefantes que habitam hoje o planeta Terra.

Na segunda metade deste período, os mamíferos foram cada vez mais se tornando semelhantes aos atuais. E, no final deste período, surgiram os macacos: primeiramente os cinocéfalos, também denominados de macacos inferiores; após isso os macacos superiores, chamados de antropóides.

No final do terciário e no início do quaternário surgiram os pitecantropos, que podiam ser considerados como a transição entre o macaco e o homem. Os pitecantropos desapareceram, e os seus sucessores foram os nossos antepassados.

O período quaternário é longo e pode ser considerado como sendo o atual, pois foi constituído por seres semelhantes aos contemporâneos. Segundo Oparin:

No quaternário, durante a última glaciação, na idade do mamute e da rena, a Terra já estava povoada por diversos seres que em nada se distinguiam, quanto à estrutura corpórea, dos homens contemporâneos. (OPARIN, 1936, p. 93)

Ao término do livro, o autor elaborou uma espécie de resenha de toda sua obra, acrescentando seus pontos de vista sobre os temas abordados:

Recapitulando o longo caminho de desenvolvimento da matéria que levou ao aparecimento da vida na Terra, vimos, de início, o carbono dispersado sob a forma de átomos isolados na atmosfera incandescente. A seguir, o descobrimos na composição dos hidrocarbonetos que se formaram na superfície da Terra. Os hidrocarbonetos, por sua vez, transformaram-se em derivados nitrogenados e oxigenados que são as primeiras substâncias orgânicas. (OPARIN, 1936, p. 105)

Oparin também criticou a visão religiosa sobre a origem da vida como tendo sido iniciada por um “princípio divino”. Ressaltou que a ciência e suas leis deveriam ser estudadas com prioridade. Afirmou que num futuro, não muito distante, seria possível reproduzir a organização dos seres vivos, mostrando, assim, que a vida era uma forma particular da matéria.

A ciência refuta, assim, as lendas religiosas sobre o princípio espiritual da vida e a origem divina dos seres vivos [...] Agora, que o organismo interno dos seres vivos é estruturado pormenorizadamente, há todos os motivos para considerar que cedo ou tarde estaremos em condições de reproduzir artificialmente esta organização e demonstrar diretamente que a vida nada mais é do que uma forma particular da existência da matéria. (OPARIN, 1936 p. 105 )

O trabalho de Oparin apresentou grande criatividade principalmente considerando-se os conhecimentos e recursos científicos disponíveis em sua época. Nota-se a fulcral influência que ele teve de Charles Darwin para elaboração de seu livro, mostrando que os seres sofriam processos de modificações, de transformações, não sendo, portanto, estáticos.

O médico Joham E. Purkinje (1787 – 1869) e o botânico alemão Hugo Von Mohl (1805 – 1872), notaram que todos os seres vivos tinham em sua estrutura uma

substância denominada protoplasma, e compreendendo a sua composição e desenvolvimento poder-se-ia entender o surgimento da vida. O químico escocês Thomas Graham (1805-1869) reconheceu que o protoplasma poderia ter sido um colóide na sua forma inicial. Todas essas ideias tiveram influência no livro escrito por Oparin.

Também é mencionado a ideia na qual os genes, que estão contidos nos cromossomos, detêm a hereditariedade e todas as propriedades da vida. Alguns pesquisadores se pronunciaram sobre este assunto:

Segundo eles, a molécula do gene aparece por acaso, graças a uma feliz combinação de átomos de carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio e fósforo que, por si próprios, se agruparam para formar esta molécula estruturada de maneira extremamente complexa, possuidora, desde o primeiro momento, de todos os atributos da vida. [...] É claro que tal explicação não explica coisa alguma. (OPARIN, 1936, p. 18)

Dessa forma, nota-se que Oparin tinha conhecimento sobre a genética básica, mas ele não a considerava para formular sua hipótese sobre a origem da vida.

No Capítulo VI (*aparecimento dos primeiros organismos*) é explicado os períodos geológicos.

### **2.3 INTERESSES DE MILLER E REPERCUSSÃO DO SEU TRABALHO**

A hipótese heterotrófica da origem da vida é conhecida como hipótese Oparin – Haldane,<sup>15</sup>; ambos argumentaram que a origem da vida havia sido precedida pela síntese de compostos orgânicos, mas existe uma certa distância entre as publicações feitas por estes autores. Oparin publicou sua obra em 1923, e o artigo de Haldane foi publicado em 1929, ambos elaboram propostas distintas para a origem da vida. (LAZCANO, 2010)

Segundo Haldane, a atmosfera primitiva continha gás carbônico (CO<sub>2</sub>) diferente da concepção de Oparin. Em 1963, em uma reunião em *Wakulla Springs*, na Flórida, Haldane afirmou que não tinha conhecimentos sobre os trabalhos de Oparin. Haldane teve alguns pesquisadores que o influenciaram como (LAZCANO, 2010), por exemplo,

---

<sup>15</sup> Britânico, geneticista John Burdon Haldane (1892 – 1964).

o químico britânico E.C.C. Baly de Liverpool (1924), que alegou ter sintetizado aminoácidos e açúcares pelo irradiação UV de uma solução de CO<sub>2</sub> na água.

Há diversas contribuições do trabalho de Oparin que colaboraram para a elaboração da obra de Miller (MILLER, at al, 1996, p. 351-353):

- (1) a hipótese de que os organismos heterotróficos e a fermentação anaeróbica foram primordiais;
- (2) proposta de uma atmosfera redutora para a síntese pré-biótica de compostos orgânicos;
- (3) a transição do postulado da heterotrofia para autotrofia e,
- (4) os detalhes importantes com as quais esses conceitos são abordados

Na época da elaboração do livro, existia a concepção de que somente os seres vivos poderiam formar os compostos orgânicos, não se tinha conhecimento da bioquímica. Este pode ser o motivo pelo qual Oparin não testou suas hipóteses (BADA, J. L.; LAZCANO, A, 2012).

Com os trabalhos pioneiros de químico alemão Friedrich Wohler (1800-1882)<sup>16</sup>, surgiram diversos estudos enfatizando as possibilidades da formação de vários compostos químicos, desenvolvendo assim a química orgânica. Tais visões permaneceram até o final do século XIX e XX, favorecendo o experimento de Miller. Walther Lob, mencionado no artigo de Miller, publicou a síntese de aminoácidos, conseguida através de uma mistura de compostos que foram expostos à luz ultravioleta. (LAZCANO, 2010).

O experimento de Miller será descrito com mais detalhes no próximo capítulo, mas cabe salientar que, era uma a mistura de água, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e NH<sub>3</sub> em um frasco, que foi fechado, e nele foram acionadas descargas elétricas, formando assim os compostos orgânicos.

Este experimento fez muito sucesso, e não se limitava aos meios acadêmicos. Os resultados estimulavam a imaginação do público em geral. Muitos imaginavam monstros saindo do laboratório de Miller; a metáfora da “sopa pré-biótica” foi desenhada em histórias em quadrinhos, desenhos animados, filmes e novelas (BADA & LAZCANO, 2003).

---

<sup>16</sup> Este autor verificou a formação da uréia pelo aquecimento de cianeto de amônio, mostrando ser possível formar compostos orgânicos do inorgânico sem a necessidade de um organismo vivo, no caso do rim de um ser vivo.

Segundo Campbell (1989), na entrevista Miller expressa sua surpresa diante da repercussão de seu artigo: “Após o seu artigo provocativo que apareceu na revista *Science*, houve muita reação da imprensa? ”R: “Oh, sim. Houve uma enxurrada de pedidos para entrevistas. Fiquei realmente muito surpreso” (CAMPBELL, 1989, p. 352).

Um ano após a publicação, em 1954, Miller mudou-se para o Instituto de Tecnologia da Califórnia, trabalhando com mecanismos que envolveram aminoácidos. Trabalhou junto ao departamento de Bioquímica da Faculdade de Médicos e Cirurgiões, da Universidade de Colúmbia, foi nomeado professor assistente no Departamento de Química da Universidade da Califórnia, San Diego; apesar de ser reconhecido como seu trabalho sobre a origem da vida, ele também realizou contribuições importantes para o entendimento de gás clatratos (hidratos): “Clatratos são sólidos constituídos por moléculas de água que contém “gaiolas” nas quais as moléculas de gás podem ser aprisionadas. Elas se formam a uma pressão e temperatura características de cada um dos gases que é encapsulado.” Miller se interessou sobre a suposta importância dos clatrato na produção de anestésias. (BADA & LAZCANO, 2012).

Miller também tinha interesse em energia a vapor. O doutorando Ray Salemme contribuiu para a satisfação de Miller sobre este assunto, na construção de uma oficina mecânica em colaboração com o Departamento de Física. Ambos, Miller e Salemme, decidiram formar uma equipe incluindo outros pesquisadores, como o professor de engenharia Rod Burton, alunos de graduação, e pós-graduação, para a construção de um carro a vapor. Este foi mostrado ao público, em uma corrida, em Cambridge, em 24 de agosto de 1970, que terminou em Pesadena, Califórnia, em 2 de setembro de 1970. Depois, o carro foi mostrado em vários shows de automóveis e foi vendido em um leilão (BADA & LAZCANO, 2012).

Miller tinha diversas atividades externas à ciência. Entusiasmava-se com as ferrovias, especialmente com as locomotivas a vapor, e com elas viajou para muitos locais: Índia, Japão, Europa, e vários lugares do Oriente. Tendo viajado também para: Austrália, Brasil e África do Sul (BADA & LAZCANO, 2012).

O experimento de Miller fez manchetes nos principais jornais e revistas mundiais. Quando Oparin teve contato com tais notícias, convidou, em 1957, Miller para visitar a União Soviética, e participar do encontro sobre a origem da vida. Foi assim que eles se conheceram (BADA & LAZCANO, 2012).

Miller recebeu, durante a sua carreira, várias homenagens. Foi presidente da Sociedade Internacional para o Estudo da Origem da Vida (1986-1989), recebeu uma medalha da sociedade pelo seu trabalho sobre este tema. Em 1973, ele foi selecionado como conselheiro do Conselho Superior de Pesquisas Científicas da Espanha. O artigo de Miller publicado na revista *Science* foi também selecionado pela divisão de História da Química da Sociedade Americana de Química para premiações. (BADA, & LAZCANO, 2012)

Em 1970, Miller e seus colaboradores repetiram o experimento utilizando um analisador de aminoácidos mais recente, ou seja, um analisador de aminoácidos automático para detectar o grupo amino, e como resultado obtiveram 33 aminoácidos diferentes<sup>17</sup>. Entretanto, suas concepções sobre coacervados não é mais aceita atualmente. Na época em que foram publicadas as ideias de Miller, o DNA (como hoje é considerado), não era conhecido. Com o modelo de Watson e Crick sobre o DNA, surgiu uma reformulação da ideia sobre a origem da vida (BADA, & LAZCANO, 2012).

Na teoria de Miller e Oparin é possível constatar uma mudança na concepção sobre a origem da vida; antes existia a ideia de que a proteína originou a vida, atualmente acredita-se que a molécula de DNA possa ter uma relação com a origem da vida, mas isto ainda requer novas pesquisas. A ideia dos coacervatos também não é mais aceita. (MILLER, et al, 1996)

---

<sup>17</sup> Cf. capítulo 4.

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Importante ressaltar, em primeiro lugar, algumas concepções sobre o que é método e pesquisa qualitativa, antes de serem mencionados os procedimentos metodológicos que foram utilizados nesta pesquisa.

A palavra método vem do grego *methodos* e é composta de *metá* (através de, por meio de) e de *hodós* (via, caminho)<sup>18</sup>. Exemplificando: para que um alpinista escale uma montanha terá que primeiro estudá-la e escolher o melhor caminho, isto é, o melhor método. No campo científico o mesmo procedimento deverá ocorrer. Se o investigador tem um problema e deseja pesquisar uma solução para resolvê-lo, primeiramente deverá determinar o caminho a ser seguido para encontrar respostas para o problema que o motivou à pesquisa. “Desse modo, o método consiste no ponto de ligação entre a dúvida e o conhecimento, ou seja, um ponto de partida (estado de ignorância frente a um problema) e outro polo de destino ou ponto de chegada (estado de conhecimento e/ou resultados que podem ou não resolver o problema)” (BITTAR, 2003). Neste caso, todo investigador deve começar pela questão: qual é o melhor caminho para pesquisar sobre um determinado problema de pesquisa?

Segundo André Lalande (1999, p.678 -b)-679-b) há várias concepções sobre método, serão selecionadas as principais, excluindo os exemplos dados pelo autor:

- A) Etimologicamente, “demanda”; e, por consequência, esforço para atingir um fim, investigação, estudo [...]; de onde, nos modernos, duas acepções muito próximas, ainda que possível de distinguir. 1.º Caminho pelo qual se chegou a determinado resultado, mesmo quando este caminho não foi previamente fixado de uma maneira premeditada e refletida [...].
- B) Processo técnico de cálculo ou de experimentação [...].
- C) (sobretudo em botânica). Sistema de classificação [...]. Disse-se muitas vezes, neste sentido *método natural* para *classificação natural*.

No presente trabalho, a palavra método é utilizada no sentido de caminho pelo qual se chegou a um determinado resultado. Köche (1997, p. 88-89) cita várias concepções sobre Método Científico. A seguir, no quadro 1, serão apresentadas algumas delas:

#### Quadro 1. Concepções sobre Método Científico

<sup>18</sup> Cf. Anotações da Aula 7 sobre Material Didático da UFMG. Disponível em: <http://www.eba.ufmg.br/graduacao/materialdidatico/apl001/aula007web.html> Acesso em: 25 jan.2014.

Bachelard (1977, p.122)	Os métodos científicos se desenvolvem à margem – por vezes em oposições – dos preceitos senso comum, dos ensinamentos tranquilos da experiência vulgar. Todos os métodos científicos atuantes são em forma de ponta. Não são resumo dos hábitos adquiridos na longa prática de uma ciência. Não se trata de uma sabedoria intelectual adquirida. O método é verdadeiramente uma astúcia de aquisição, um estratagema novo, útil na fronteira do saber. Em outras palavras, um método científico é aquele que procura o perigo. Seguro de seu acerto, ele se aventura numa aquisição. A dúvida está na frente, e não atrás, como na vida cartesiana
Bachelard (1968, p.121)	Um dos químicos contemporâneos que desenvolveu os métodos científicos mais minuciosos e mais sistemáticos, Urbain, não hesitou em negar a perenidade dos melhores métodos. Para ele, não há método de pesquisa que não acabe por perder sua fecundidade inicial. Chega sempre uma hora em que não se tem mais interesse em procurar o novo sobre os traços do antigo, em que o espírito científico não pode progredir senão criando novos métodos. Os próprios conceitos científicos podem perder sua universalidade. [...] Os conceitos e os métodos, tudo é função do domínio da experiência; todo o pensamento científico será sempre um discurso de circunstâncias, não descreverá uma constituição definitiva do espírito científico.
Weatherall (1970,p. 3-5)	Os cientistas realizam descobertas de várias maneiras, conforme a matéria que estudam, os meios de que dispõem e seus traços pessoais. Método científico é versão bem simplificada daquilo que acontece ou que pode acontecer no processo de realização de descobertas. Uma descrição do método científico relaciona com a pesquisa original como a gramática se relaciona com a linguagem cotidiana ou com a poesia. Uma estrutura formal qualquer está por trás do que é feito, dito ou escrito, mas a pesquisa mais frutífera, tal como a comunicação mais eficaz ou a poesia tocante, é com frequência, não – metódica; e, aparentemente, chega a violar tantas regras quantas observa [...] Método científico implica, portanto, em suceder alternativo de reflexão e experimento. O cientista elabora ideias ou hipóteses definidas, à luz do conhecimento disponível; concebe e realiza experimentos para verificar essas hipóteses. O conhecimento se amplia e o ciclo prossegue, indefinidamente, sem que nunca se alcance a certeza absoluta, mas sempre conseguindo generalidade maior e possibilitando crescente controle do ambiente.
Popper (1975,p.55-56)	As regras metodológicas são aqui vistas como convenções. [...] O jogo da ciência é um princípio interminável. Quem decide, um dia, que os enunciados científicos não mais exigem prova, e podem ser vistos como definitivamente verificados, retira-se do jogo.
Popper	O método da ciência consiste na escolha dos problemas interessantes e na crítica de nossas permanentes tentativas experimentais e provisórias para solucioná-los.



(1978, p.26)	
Cohen;Nagel, (1971,p. 245)	Pode-se dizer que a segurança da ciência depende de que haja homens mais preocupados pela correção de seus métodos que pelos resultados obtidos mediante seu uso, sejam quais forem estes.
Peirce (1972, p.70)	Como dar nascimento a essas ideias vitais e férteis que se multiplicam em milhares de formas e se difundem por toda a parte, fazendo a civilização avançar e construindo a dignidade do homem, é arte ainda não reduzida a regras, mas cujo segredo a História da Ciência permite entrever.
Bruyne (1977,p.103)	A ciência, vista sob esse ângulo, é um processo e não um produto. Em qualquer método que se adote, seja ele quantitativo, fenomenológico ou dialético, o pesquisador deverá ter em mente um critério fundamental: expor suas teorias à crítica severa. Se trabalhar na sua auto justificação, deixará de ser ciência para se transformar em ideologia.
Duhem (1993,p.289)	O método experimental não pode transformar uma hipótese física em uma verdade incontestável, pois jamais se está seguro de haver esgotado todas as hipóteses imagináveis referentes a um grupo de fenômenos. O <i>experimentum crucis</i> é impossível. A verdade de uma teoria física não se decide nem jogo de cara ou coroa.

Fonte: Köche (1997, p. 88-89) quadro adaptado pela autora.

Esteban (2010) em sua obra *Pesquisa qualitativa em educação* cita vários autores que apresentam definições convergentes sobre este tema. Alguns deles citam características diferentes, porém sem que isso traga diferenças marcantes. Ver quadro 2, a seguir:

### Quadro 2. Concepções sobre pesquisa qualitativa

Strauss e Corbin (1990, p.17)	Por pesquisa qualitativa entendemos qualquer tipo de pesquisa que gera resultados que não foram alcançados por procedimentos estatísticos ou outro tipo de quantificação. Pode referir-se a pesquisas sobre a vida das pessoas, histórias, comportamentos e também o funcionamento organizativo, aos movimentos sociais ou às relações e interações. Alguns dos dados podem ser quantificados, porém, a análise em si mesmo é qualitativa
Pérez Serrano	Considera-se a pesquisa qualitativa como um processo ativo, sistemático e rigoroso de indagação dirigida, no qual se tomam decisões sobre o que é

(1994, p.46)	pesquisado quando se está no campo de estudo
Tesch (1990, p.55)	A pesquisa qualitativa, conforme o termo é usado por diversos autores, significa um determinado enfoque da produção de conhecimento. Não se refere apenas aos dados
Denzin e Lincoln (1994, p.3-4)	A pesquisa qualitativa é um campo interdisciplinar, transdisciplinar e, as vezes, contradisciplinar. Atravessa as humanidades, as Ciências Sociais e as Ciências Físicas. A pesquisa qualitativa é muita coisa ao mesmo tempo. É multiparadigmática em seu enfoque. As pessoas que a praticam são sensíveis ao valor de um enfoque multimétodo. Estão comprometidas com uma perspectiva naturalista e uma compreensão interpretativa da experiência humana. Ao mesmo tempo, o campo de pesquisa qualitativa é inerentemente político, atuando por meio de múltiplas posições éticas e políticas. A pesquisa qualitativa expressa duas tensões. De um lado, apresenta ampla sensibilidade interpretativa, pós-moderna, feminista e crítica. De outro, recorre a uma estreita definição das concepções positivista, pos-positivistas, humanística e naturalista da experiência humana e sua análise.

Fonte: Esteban (2010) quadro adaptado pela autora.

Bogdan (1994, p. 47 - 50) apresenta algumas considerações sobre a investigação qualitativa. São elas:

- Na investigação qualitativa a fonte direta de dados é o ambiente natural, os investigadores, são “os instrumentos principais”. Estes passam várias horas em diversas instituições: escolas, famílias, bairros e outros locais, procurando responder a questões educativas. Para isso em geral, utilizam equipamentos de vídeo, blocos de anotações, ilustrações, entre outros recursos, para auxiliar na coleta de dados, porém não se utilizam apenas destas anotações de forma mecânica, pois todas as informações são revistas, sendo que o entendimento sobre elas o “instrumento chave” para a interpretação final.
- Os dados são obtidos em forma de palavra, imagens, e não de números, os resultados obtidos pelo investigador são elaborados através de citações “ feitas com base nos dados para ilustrar e substanciar a apresentação.”
- Os investigadores qualitativos têm um interesse maior pelo processo da pesquisa do que pelos resultados ou produtos finais.
- Tendem também a analisar os dados de forma indutiva. Estes não são recolhidos objetivando confirmar hipóteses já preestabelecidas. Neste tipo de investigação as abstrações são construídas à medida que os dados vão sendo agrupados: “Não se trata de montar um quebra-cabeças cuja forma final conhecemos de antemão.

Está-se a construir um quadro que vai ganhando forma à medida que se recolhem e examinam as partes (p.50).

- Os pesquisadores qualitativos em educação questionam os sujeitos investigados objetivando observar aquilo que eles experimentam, o modo como eles interpretam as suas experiências e como estruturam o mundo social em que vivem.

Segundo Patton (2014) há que se deixar explícita a sua importante colaboração relacionada às Avaliações de Desenvolvimento, as quais envolvem pesquisas de longa duração. No presente trabalho, considerar-se-á sua contribuição em relação às suas ideias sobre a flexibilidade do alcance dos objetivos e metas que devem ser constantemente reavaliadas ao longo do processo de desenvolvimento de qualquer pesquisa qualitativa, pois o que se almeja, segundo este autor, é a adaptação do(s) pesquisador(es) ao longo da investigação, frente a novos enfrentamentos e não a fixação em alcançar objetivos e metas previsíveis; logo a retroalimentação dos dados deve ser constante, segundo às variações do entorno.

Segundo Flick (2012), há várias abordagens teóricas resultantes de diferentes linhas de desenvolvimento. Este autor considera a subjetividade dos pesquisadores e/ou sujeitos estudados parte integrante do processo investigativo. Assim, as reflexões, percepções, relações, impressões e sentimentos dos pesquisadores tornam-se dados, constituindo parte da interpretação. Trata-se também em utilizar uma metodologia da interpretação de acordo com percurso que parte da teoria ao texto. Flick (2012) afirma que em todo texto há uma posição teórica implícita, a qual se constitui como ponto de partida e de chegada. A teoria deste autor aplica-se, em geral, às pesquisas de campo e participantes, mas também há que se levar em consideração o que este autor considera como significado subjetivo: o interacionismo simbólico. Em outras palavras, “numa primeira perspectiva, o ponto de partida empírico são os significados subjetivos que os indivíduos atribuem a suas atividades e seus ambientes”. Desse modo, este autor discute a variedade de métodos que a pesquisa qualitativa possui:

A investigação qualitativa se está estabelecendo nas ciências sociais e na psicologia. Atualmente apresenta uma variedade de métodos específicos cada um dos quais partem de diferentes premissas e propósitos diferentes. Cada método é baseado em uma compreensão específica do seu objeto. No entanto, os métodos qualitativos não podem ser considerados independentemente do processo de investigação e do problema estudado. (FLICK, 2012, p.15)

Guba e Lincoln (1981) citado por Ludke e André (1986) apresentam uma série de vantagens para o uso de documentos numa pesquisa:

Em primeiro lugar destacam o fato de que os documentos constituem uma fonte estável e rica. Persistindo ao longo do tempo, os documentos podem ser consultados várias vezes e inclusive servir de base a diferentes estudos, o que dá mais estabilidade aos resultados obtidos.

Os documentos constituem também uma fonte poderosa de onde podem ser retiradas evidências que fundamentem afirmações e declarações do pesquisador. Representam ainda uma fonte “natural” de informação. Não são apenas uma fonte de informação contextualizada, mas surgem num determinado contexto e fornecem informações sobre esse mesmo contexto. (LÜDKE, ANDRÉ, 1986, p. 38).

Tal análise documental de textos primários e secundários sobre Miller foi realizado pois pretende-se por meio do estudo compreender os aspectos históricos, filosóficos e sociais que influenciaram este autor no seu experimento sobre a origem da vida, e a partir disso discutir a Natureza da Ciência no Ensino de Ciências, e para isso foi realizada a análise dos seguintes materiais didáticos:

**Quadro 3. Materiais didáticos aprovados ou não pelo PNLD**

Nome do material didático	Autores	Livros aprovados pelo PNLD
Biologia (2002)	(UZUNIAN, A.; CASTRO, N. H. C.; SASSON, S);	Não aprovado
Ciência os seres vivos (2007)	(BARROS, C.; PAULINA, W. R.)	Não aprovado
Biologia (2005)	(LOPES, S.; ROSSO, S.).	Aprovado

Fonte: Ministério da Educação PNLD.

Os materiais didáticos foram selecionados devido a curiosidade da Pp sobre o como o tema de Miller era abordado nos livros por ela utilizados para lecionar e nos quais havia estudado.

As seguintes etapas foram percorridas:

1. Coleta de dados bibliográficos sobre a Natureza da Ciência. Para discutir a Natureza da Ciência foi feito um levantamento bibliográfico sobre este tema. Os

autores selecionados foram: McComas (1998), Lederman (2002), Praia (2007), McComas (2007). O objetivo deste levantamento foi analisar quais os problemas que envolvem a compreensão da Natureza da Ciência, quais as consequências que podem originar uma interpretação errônea sobre ela e seus processos, e como a História da Ciência pode auxiliar rompendo com paradigmas.

2. Coleta de dados sobre a Natureza da Ciência e a formação de professores, enfatizando autores como Gil-Pérez *et al* (2001), Abd-el-khalick *et al* (1998), Lederman *et al* (2002). Esta coleta teve como objetivo mostrar que existem ainda, em geral, professores que seguem uma linha linear ao apresentar os conteúdos, ressaltando datas comemorativas, personagens ilustres, como se estes marcos por si mesmos pudessem dar subsídios necessários para que o aluno estabelecesse relações entre a História, o Ensino e a Natureza da Ciência. Desse modo, não relacionam os conteúdos intrinsecamente, o que engendra lacunas e falta de compreensão sobre a necessária relação da Natureza da Ciência com o ensino e a aprendizagem de conceitos básicos.

3. Nesta etapa, foram levantados dados documentais e bibliográficos sobre a importância da História da Ciência como um instrumento para o estudo da Natureza da Ciência. Objetivou-se a compreensão da relevância da História da Ciência no ensino, para promover uma melhor compreensão da Natureza da Ciência. Foram criados espaços de discussões sobre: a mutabilidade da ciência; as várias concepções sobre o método científico, pois este condiciona a metodologia a ser seguida.

4. Na etapa 4 foi feito um estudo bibliográfico sobre como a História da Ciência era abordada nos livros didáticos. Teve como objetivo: entender como o material tratava a História da Ciência. Foram apresentados problemas como o whiggismo e a pseudo-história.

5. A etapa 5 foi dedicada ao estudo da trajetória da vida de Miller. Objetivou-se a compreender quais os fatores sociais, políticos, econômicos e culturais o influenciaram no seu trabalho. Entre eles a influência política que seu orientador Urey teve na publicação do artigo de Miller, devido à falta de recursos que fez com que este cientista tivesse que escolher a Universidade de Chicago para cursar a Pós-Graduação.

6. Oparin foi objeto de estudo da etapa 6, que teve como objetivo: analisar o contexto científico no qual ele vivia e como foi influenciado por este. Nesta parte do trabalho foi possível notar como pesquisadores como Charles Darwin, o alemão Lorenz Oken, o médico Johann E. Purkinje, o botânico alemão Hugo Von Mohl (1805 – 1872),

Huxley entre outros, auxiliaram Oparin a formular sua hipótese sobre o tema a origem da vida. Foi também exposta uma resenha do seu livro *Origem da Vida*.

7. Na etapa 7 foi feito um levantamento bibliográfico sobre os interesses e a repercussão dos trabalhos de Miller e seus experimentos. Objetivou-se compreender que o cientista possui diversas influências, como a de Friedrich Wohler. Também foi enfatizado que Miller tinha outras atividades externas a ciência, como suas viagens, seu interesse em energia vapor, etc. O experimento montado por Miller é relatado de forma a mostrar falhas, enganos realizados, durante a elaboração de seus aparelhos que tiveram que reelaborados.

8. A análise dos materiais didáticos foi elaborada iniciando-se pelo levantamento das pesquisas já relacionadas com este tema como: Nunes (2012), Batisteti (2010), Mottola (2011), que realizaram pesquisas sobre livros didáticos. Notaram uma falta de contextualização entre os conteúdos intrínsecos, bem como conceitos apresentados de forma inadequada. A seguir foram estudados três materiais sobre os materiais didáticos usados pela Pp: Zunian, Castro, Sasson (2004), Barros, Paulino (2007), Lopes, Rosso (2008). Objetivou-se: verificar como os livros didáticos apresentavam a temática de Miller, e constatou-se vários problemas como conceitos vagos, experimentos ilustrados que não existiram, erros históricos, entre outros. Estes erros agravam a compreensão da Natureza da Ciência.

9. Na nona e última etapa, a pesquisadora realizou a discussão dos resultados. Objetivou-se: compreender como o episódio histórico de Miller pode contribuir para um melhor entendimento da Natureza da Ciência e como os materiais didáticos que abordam este tema poderiam ser reformulados para um entendimento mais real da ciência e seus processos.

Por fim e ao cabo, foi elaborada as considerações finais com objetivo de sintetizar os principais temas estudados e mostrar a concretização dos objetivos alcançados, bem como descrever os obstáculos encontrados.

#### 4. EXPERIMENTOS DE MILLER

Antes de serem relatados os experimentos de Miller, há que se deixar evidente os conceitos sobre experiência e experimentos:

Experiência. [Do lat. *Experientia*, do v. *experiri*, “experimental”]. S.f. **1.** Ato ou efeito de experimentar (-se); experimento, experimentação. **2.** Prática da vida [...]. **3.** Habilidade, perícia, prática, adquiridas com exercício constante numa profissão, numa arte ou ofício. **4.** Prova, demonstração, tentativa, ensaio. **5.** Filos. Experimentação (2), **6.** Filos. Conhecimento que nos é transmitido pelos sentidos. **7.** Filos. Conjunto de conhecimentos individuais, ou específicos que constituem aquisições vantajosas acumuladas historicamente pela comunidade. (FERREIRA, p. 743a)

Experimento. [Do lat. *Experimentu*]. S.m. **1.** V. Experiência: **2.** Ensaio científico destinado a verificação de um fenômeno físico. (FERREIRA, p. 743a)

Embora os dois vocábulos sejam constantemente usados erroneamente, no dia a dia, como sinônimos, eles provêm de termos latinos diferentes: *Experientia* e *Experimentu*, como se pôde verificar nos verbetes 1 e 2. No presente trabalho o vocábulo “experiência” será usado nas acepções 2 e 3 do primeiro verbete. O vocábulo “experimento” será utilizado na acepção 2 do segundo verbete.

Para realizar seus experimentos (ensaios), Miller considerou a hipótese de que, a atmosfera era redutora, e os oceanos cobriam uma fração da superfície da Terra, ideia que Miller segue de Urey e Oparin (MILLER, 1955).

Oparin, como discutido no capítulo anterior, em seu livro *A Origem da Vida* (1936), relatou que a Terra e os outros planetas teriam se formado através de uma substância gasosa e pulverulenta, constituída pelo hidrogênio (H<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), e, talvez, de amônia (NH<sub>3</sub>) e água (H<sub>2</sub>O). Na substância gasosa e pulverulenta, formariam aglomerações na qual as partículas se concentrariam, e surgiriam os planetas. Dessa forma, desde a criação do planeta existiriam tais compostos químicos, que seriam fundamentais para a formação das primeiras substâncias orgânica (Oparin, 1936).

No núcleo central da Terra existiria a presença de carbonetos, que são compostos de carbono e metais, estes seriam lançados pela erupção na superfície da Terra, e reagiriam com o vapor de água, de tal forma que o oxigênio da água se combinaria com o metal, e o hidrogênio da água se combinaria com o carbono, formando os hidrocarbonetos; um deles, seria o metano já mencionado (Oparin, 1955).

Os hidrocarbonetos possuiriam a capacidade de se hidratar, ou seja, incorporariam a molécula de água com facilidade, ocorrendo a oxidação dos hidrocarbonetos pelo oxigênio da água, surgindo álcoois, aldeídos, cetonas, entre outras substâncias orgânicas simples, que seriam constituídas de carbono, hidrogênio e oxigênio. Estas poderiam se unir com um quarto elemento o nitrogênio, na forma de amoníaco (que constituiria a Terra primitiva) formando compostos que possuiriam átomos de carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio, em várias combinações, surgindo os sais de amônio, as amidas, as aminas, (Oparin, 1955).

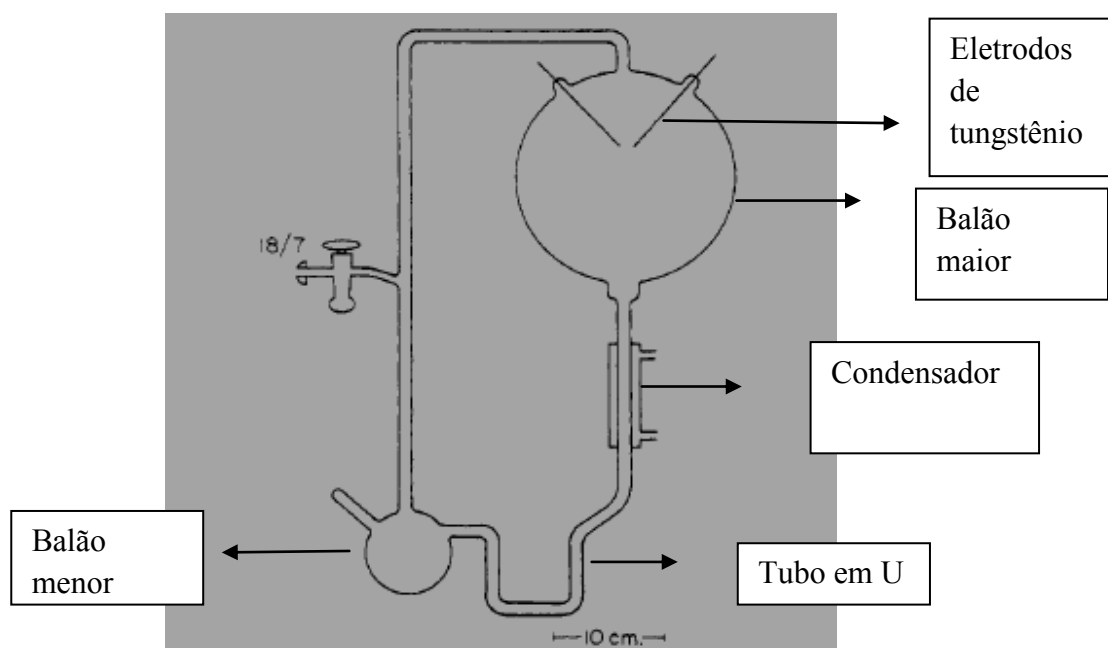
Os hidrocarbonetos e seus derivados seriam quimicamente ultra-ativos, e combinar-se-iam, produzindo uma diversidade de substâncias; entre estas, as proteínas que seriam a estrutura da matéria viva, presentes no protoplasma dos animais. A proteína seria constituída por aminoácidos. Esta se desenvolveria até o surgimento dos primeiros seres vivos, (Oparin, 1955).

Miller em seu experimento teria utilizado o hidrogênio, metano, amônia e água, que estariam presentes na substância gasosa e pulverulenta, da qual o planeta Terra teria surgido.

O metano também teria sido formado pelo contato dos carbonetos com a água no interior da Terra, isso se daria através da combinação, do hidrogênio da água que se ligaria ao carbono do carboneto. Seria possível formar moléculas orgânicas simples com esses compostos, como os aminoácidos? Para verificar esta questão Miller fez três aparelhos para realizar os experimentos necessários.

Primeiro aparelho (MILLER, 1955).



**Figura 2 – Aparelho 1**

Fonte: <http://image.sciencenet.cn/olddata/kexue.com.cn/upload/blog/file/2008/9/2008922131449638394.pdf>

O aparelho 1 foi feito com pirex com exceção dos eletrodos de tungstênio<sup>19</sup>, a água foi fervida no balão menor para promover a circulação dos gases: hidrogênio, metano e amônia, e para também promover a formação dos aminoácidos. Os produtos das descargas seriam condensados pelo condensador e retidos no tubo em U (MILLER, 1955).

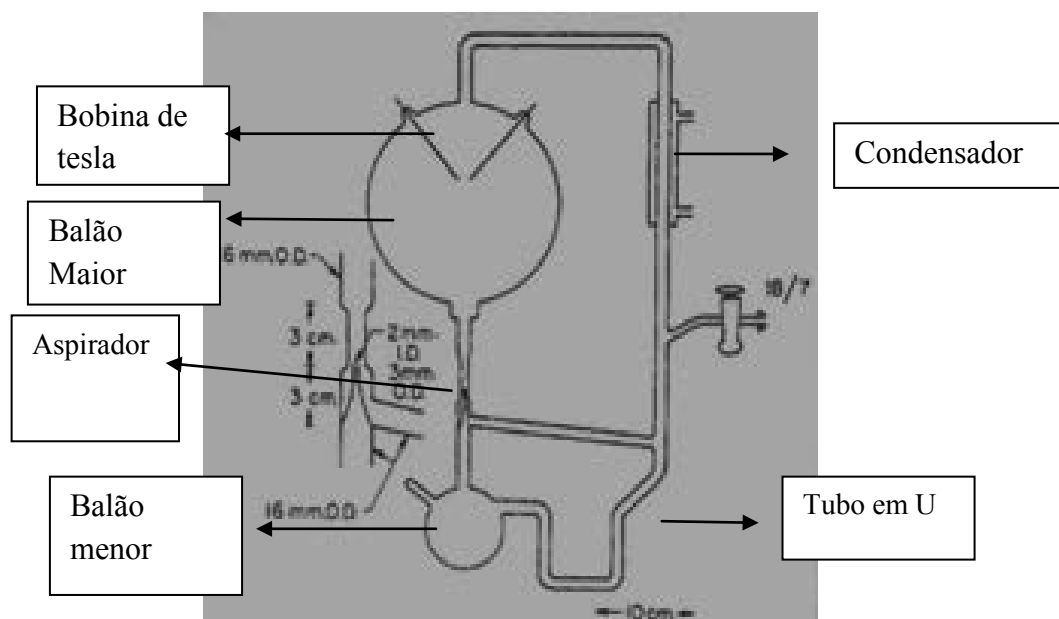
Foram colocados os gases nas seguintes quantidades: 10 cm de hidrogênio, 20 cm de metano e 20 cm de amônia (substâncias fornecidas por Oparin em seu livro *A origem da Vida*, e Urey nos seus estudos).

O aparelho 1 apresentou um problema: a água foi condensada no balão maior antes de chegar ao condensador. Para tentar solucionar este problema, o balão mencionado foi revestido por uma camada de amianto, procurando evitar o arrefecimento dos gases, mas nenhuma diferença foi encontrada (MILLER, 1955).

Outro modelo de aparelho foi formulado, figura 3:

<sup>19</sup> Eletrodo de tungstênio consiste em uma vareta do metaltungstênio, geralmente utilizado em processos de soldagem, suporta altas temperaturas, é um ótimo condutor de elétrons (GUIA DOS ELETRODOS DE TUNGSTÊNIO NO PROCESSO DE SOLDAGEM TIG).

**Figura 3 – Aparelho 2**



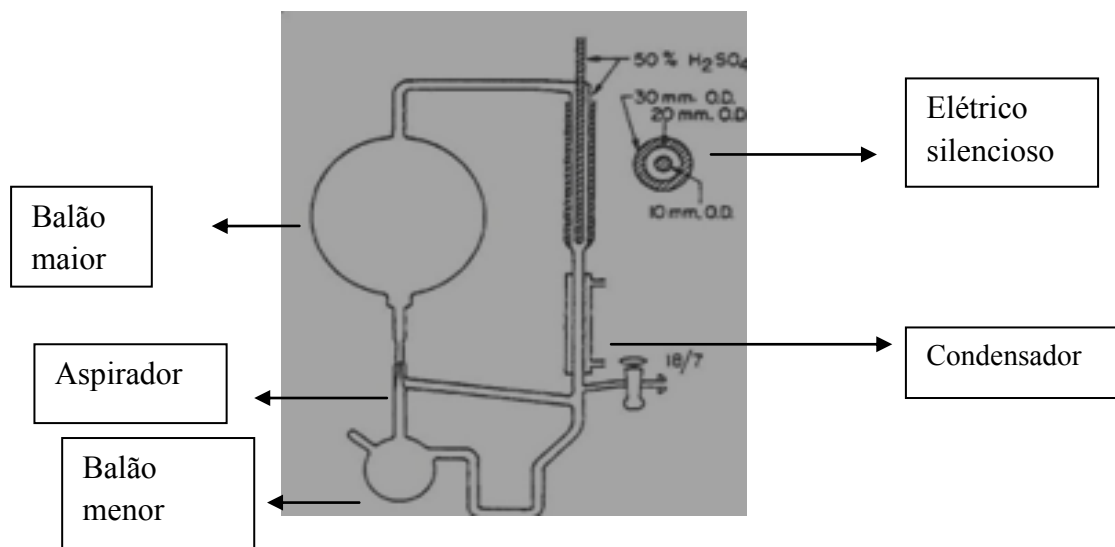
Fonte: <http://image.sciencenet.cn/olddata/kexue.com.cn/upload/blog/file/2008/9/2008922131449638394.pdf>

Este possuía uma diferença, tinha um aspirador para que os gases circulassem mais rápido, e não tivessem o problema do primeiro, ou seja, de condensar antes de chegar no condensador. A quantidade de gases foi igual: 10 cm de hidrogênio, 20 cm de metano e 20 cm de amônia. Foi utilizada uma bobina de tesla<sup>20</sup>, que disparava as descargas elétricas; esta apresentou um problema :com altas temperaturas o aquecimento de substâncias com baixa fusão como a parafina na bobina acabou derretendo, por isso foi trocada por outra bobina. O experimento não se constituiu em um processo eficiente em termos de consumo de energia (MILLER, 1955).

O terceiro aparelho:

<sup>20</sup>A Bobina de Tesla foi desenvolvida pelo físico Nikola Tesla (1856 - 1943), ela é um transformador, que produz tensões elevadas sob altas frequências (GRUPO DE ENSINO DE FÍSICA).

**Figura 4 – Aparelho 3**



Fonte: <http://image.sciencenet.cn/olddata/kexue.com.cn/upload/blog/file/2008/9/2008922131449638394.pdf>

Neste aparelho em vez de utilizar uma bobina, foi usado um elétrico silencioso, para diminuir o consumo de energia, isto foi pior por que o consumo de energia aumentou. O aspirador continuou, e as quantidades de gases também (MILLER, 1955).

Segundo o artigo de Miller<sup>21</sup>, as quantidades de gases foram escolhidas de forma em que o metano e a amônia tivessem condições de reagir à faísca. O hidrogênio foi adicionado com a finalidade de simular a atmosfera primitiva, pois existiam incertezas sobre a quantidade desses gases na atmosfera primitiva (MILLER, 1955).

Após cada ensaio, os aparelhos foram limpos, submetidos à lavagem com hidróxido de sódio, ácido sulfúrico e dicromato, com o objetivo de remover a sílica formada, e oxidar material orgânico remanescente, seguido por água quente, (MILLER, 1955).

Depois da produção de faísca, a solução formada tornou-se amarela, havia também um pouco de material vermelho. A seguir, foi feita a análise dos produtos em duas etapas: a análise dos gases do aparelho e a análise da solução formada.

<sup>21</sup> Op. cit. *A Production of Amino Acids Under Possible Primitive Earth Conditions*, (A produção de aminoácidos sob possíveis condições primitivas da terra).

## 4.1 ANÁLISE DOS PRODUTOS

### 4.1.1 ANÁLISE DOS GASES

Os gases foram analisados por um processo de oxidação, absorção e diferença, e os resultados estão inseridos na tabela abaixo (MILLER, 1955):

**Tabela 1 – Análise dos produtos**

GAS ANALYSES			
	Apparatus 1 <sup>a</sup>	Apparatus 2 <sup>a</sup>	Apparatus 3 <sup>b</sup>
H <sub>2</sub> , %	74.6	76.3	50.6
CO, %	10.0	5.8	1.2
CH <sub>4</sub> , %	10.4	9.5	39.5
N <sub>2</sub> , %	5.0	8.4	8.7
NH <sub>3</sub> , <sup>c</sup> %	8.0	10.5	3.7
C as org. compds. <sup>d</sup> %	53	58	22

Fonte: <http://image.sciencenet.cn/olddata/kexue.com.cn/upload/blog/file/2008/9/2008922131449638394.pdf>

Com esses resultados percentuais, Miller concluiu que o aparelho 2, elaborado por ele<sup>22</sup> tinha 58% de eficiência na formação de compostos orgânicos, seguido do aparelho 1 (53%), e depois do 3 (22%). Esta conclusão está representada na última linha da tabela 1: C as org. compds. <sup>d</sup>% da tabela.

Há também as porcentagens dos demais elementos referentes aos gases em cada aparelho: 1, 2 e 3; como: de hidrogênio (H<sub>2</sub>), que no aparelho 1 representava 74,6%; no aparelho 2, 76,3% e no aparelho 3, 50,6%. O monóxido de carbono (CO) apresentou 10% no aparelho 1; 5,8% no 2, e 1,2% no 3. O metano (CH<sub>4</sub>) representou 10,4% no aparelho 1; 9,5% no aparelho 2, e 39,5% no 3. O nitrogênio (N<sub>2</sub>) apresentou 5,0% no primeiro aparelho; 8,4% no segundo e 8,7% no terceiro. A amônia (NH<sub>3</sub>): 8,6 % no primeiro aparelho; 10,5% no segundo e 3,7% no terceiro.

### 4.1.2 ETAPAS NA ANÁLISE DA SOLUÇÃO DOS EXPERIMENTOS<sup>23</sup>

Nos três experimentos, a solução foi removida do aparelho, foi feito um processo de filtração, e recolocada em baixa velocidade na centrífuga. A sílica foi retirada e lavada com água, e novamente centrifugada. A cor de todos os tipos de

<sup>22</sup> Cf. capítulo 4, p. 55.

<sup>23</sup> Este capítulo foi baseado nas ideias de MILLER (1955).

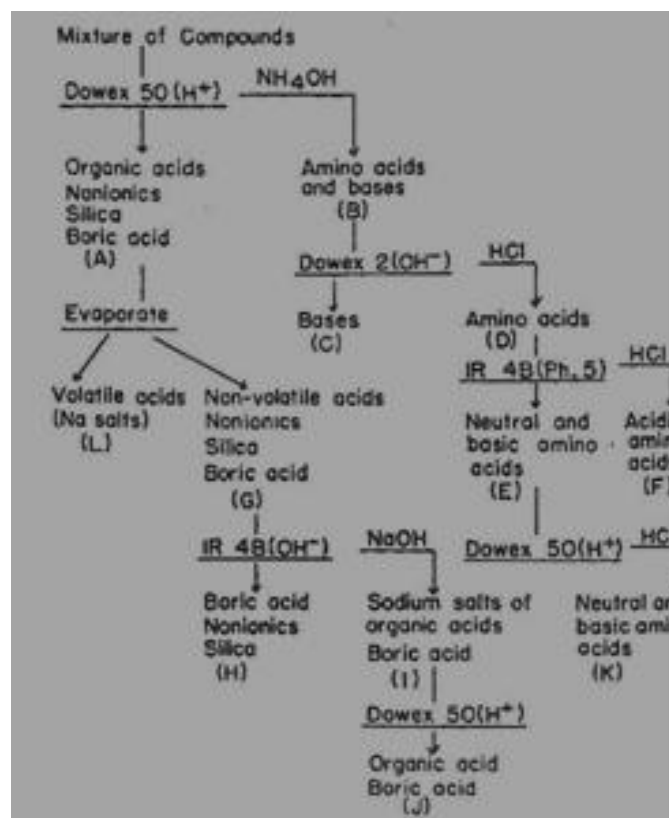
solução do aparelho era amarela; a cor vermelha, também apareceu, mas sutilmente. Ao analisar a camada vermelha, Miller conclui que os principais elementos encontrados foram: boro, silício e alumínio. Os compostos amarelos tinham vários graus de acidez e basicidade, eles foram passados por separação de resina e separação cromatográfica<sup>24</sup>. Primeiramente foi feito o procedimento Carsten, onde a solução foi separada por resinas. Este procedimento foi insatisfatório na separação porque a solução foi muito ácida.

Outro método utilizado foi o de Haas e Stadtman em que são colocadas outras resinas, como: o Dowex -50 (fortemente ácido), o Dowex – 2 (fortemente básico) e o Amberlite IR 4B (fracamente básico). Todos estes compostos são resinas de permuta de íons. Essa separação está representada a seguir (MILLER, 1955).

---

<sup>24</sup>Cromatografia é um processo de separação, no qual a solução contendo os solutos, materiais que se quer analisar, são colocados no topo de uma coluna. Logo a seguir é adicionado um solvente no topo desta coluna, e um dos solutos se move através da coluna. Esta é a chamada fase móvel. Outro soluto fica fixo na coluna. Esta é a fase estacionária. Desta forma os solutos são separados (HARRIS, 2012) FAZER A CITAÇÃO DIRETA.

Figura5 – Separação por resinas



Fonte:<http://image.sciencenet.cn/olddata/kexue.com.cn/upload/blog/file/2008/9/2008922131449638394.pdf>

Na tabela 2 (MILLER, 1955), a seguir, é mostrado o peso das diferentes frações (B, D, D\*, E, F, C, L e J) onde foi realizada a evaporação, tornando as frações úmidas em secas e pesadas.

Tabela 2- Pesos

WEIGHTS OF COMPOUNDS OBTAINED IN THE SEPARATION			
Fraction	Place in Fig. 4	Run 1, mg.	Run 3, mg.
Amino acids and bases	B	352	503
Amino acids (HCl salts)	D	307	442
Amino acids*	D <sub>a</sub>	218	315
Neutral and basic amino acids	E	181	281
Acidic amino acids	F	85	43
Bases	C	58	218
Sodium salts of volatile acids	L	355	474
Non-volatile acids and part of boric acid	J		974

Fonte:<http://image.sciencenet.cn/olddata/kexue.com.cn/upload/blog/file/2008/9/2008922131449638394.pdf>

Na tabela 2, existe o peso das corridas 1 e 3, em que a corrida 3 é uma combinação de 4 corridas. Nota-se que a corrida 2 não foi analisada nesta tabela, pois a

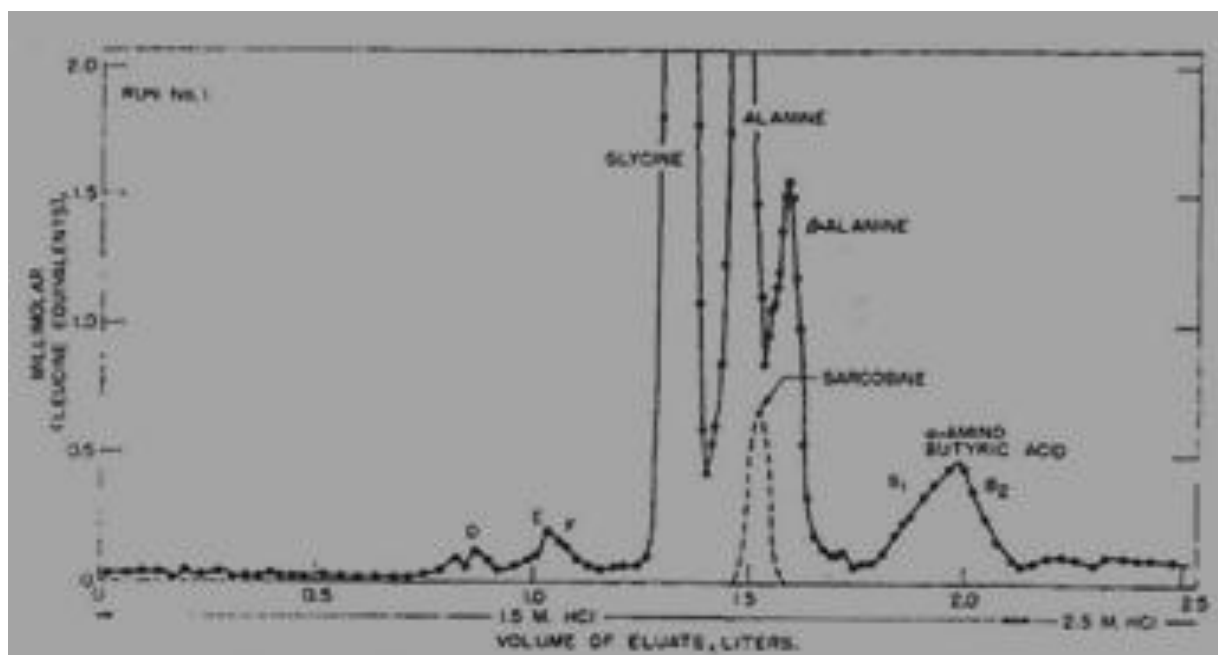
separação foi realizada de outra forma, por vapor e destilação, seguida por absorção sobre Dove-2, Amberlite IRC 50, não permitindo a pesagem das frações.

As porções foram analisadas de forma individual. A seguir será feita a análise das frações E, F, C, J e L, conforme representação da figura 5: Separação por resinas.

#### 4.1.3 ANÁLISE DA FRAÇÃO E

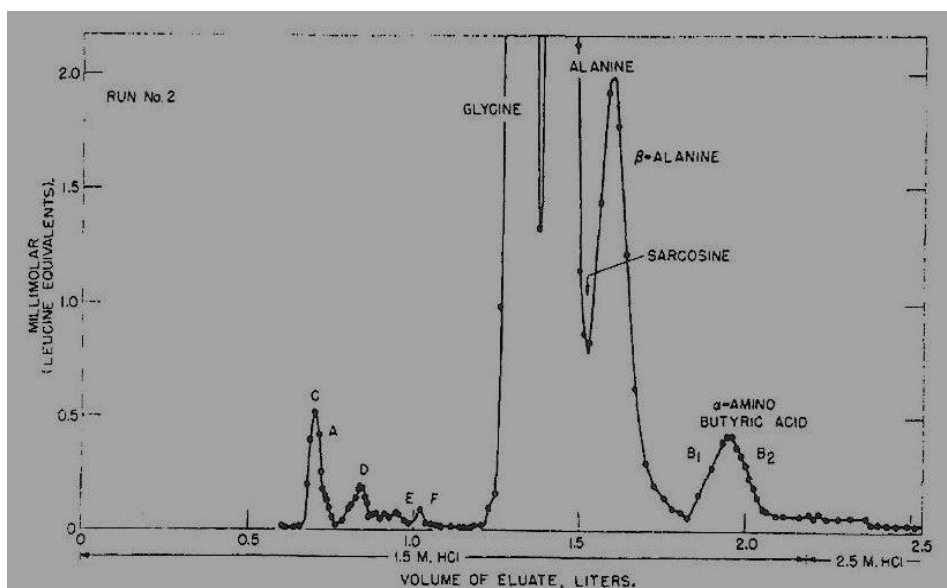
O material da separação E foi cromatografado e representado nas figuras 6,7 e 8 (MILLER, 1955) que representam os aparelhos 1, 2 e 3 respectivamente.

**Figura 6 – Cromatografia do aparelho 1**



Fonte: <http://image.sciencenet.cn/olddata/kexue.com.cn/upload/blog/file/2008/9/2008922131449638394.pdf>

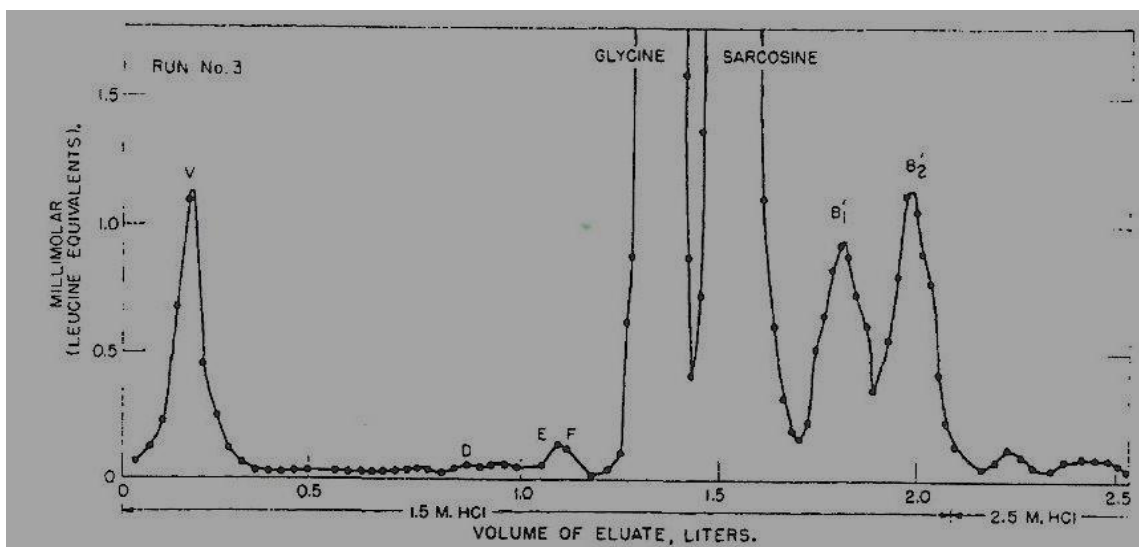
**Figura 7 – Cromatografia do aparelho 2**



Fonte:

<http://image.sciencenet.cn/olddata/kexue.com.cn/upload/blog/file/2008/9/2008922131449638394.pdf>

**Figura 8 – Cromatografia do aparelho 3**



Fonte: <http://image.sciencenet.cn/olddata/kexue.com.cn/upload/blog/file/2008/9/2008922131449638394.pdf>

Nas figuras 6,7 e 8 estão representadas as substâncias da seguinte forma:

- a glicina como *glycine*,



- a alanina como *alanine*,
- asarcosina como *sarcosine*,
- a beta-alanina como *beta - alanine*,
- o ácido alfa amino butílico como *alfa-amino butyric acid*.

Os compostos identificados como B1 e B2 são possivelmente os N-metil-alanina e N-metil-beta-alanina respectivamente. O composto A é o ácido aspártico, o composto C foi erroneamente identificado por Miller como ácido aspártico em seu primeiro relatório. Os compostos C, D,E, F,V não foram identificados com precisão, mas sabe-se que eles não são aminoácidos; o composto G é possivelmente a valina.

A tabela 3 (MILLER, 1955), a seguir, apresentará os rendimentos dos aminoácidos a partir dos três ensaios:

**Tabela 3 - Rendimento de aminoácidos a partir dos três aparelhos**

YIELDS OF AMINO ACIDS				
Amino acid	Moles × 10 <sup>2</sup>	Mg.	Mole ratio (gly- cine = 1)	Yield, %
<b>Run 1</b>				
Glycine	63	47	1.00	2.1(4.0)
Alanine	34	30	0.54	1.7(3.2)
Sarcosine <sup>b</sup>	5	4	.08	0.3(0.5)
$\beta$ -Alanine	15	13	.24	.8(1.5)
B <sub>1</sub> <sup>b</sup>	1	1	.02	.07(0.13)
$\alpha$ -Aminobutyric acid <sup>b</sup>	5	5	.08	.3(0.6)
B <sub>2</sub> <sup>b</sup>	3	3	.05	.2( .4)
<b>Run 2</b>				
Glycine	55	41	1.00	1.8(3.2)
Alanine	36	32	0.65	1.8(3.2)
Sarcosine <sup>b</sup>	2	2	.04	0.1(0.2)
$\beta$ -Alanine	18	16	.33	1.0(1.8)
B <sub>1</sub> <sup>b</sup>	0.1	0.1	.002	0.01(0.02)
$\alpha$ -Aminobutyric acid	3.0	3.0	.054	0.2(0.34)
B <sub>2</sub> <sup>b</sup>	0.4	0.4	.007	0.03( .05)
<b>Run 3</b>				
Glycine	80	60	1.00	0.46(2.1)
Alanine <sup>b</sup>	9	8	0.11	.08(0.3)
Sarcosine	88	77	1.07	.74(3.4)
$\beta$ -Alanine <sup>b</sup>	4	3	0.05	.03(0.1)
B <sub>1</sub>	12.5	12.9	.16	.14( .63)
$\alpha$ -Aminobutyric acid <sup>b</sup>	1	1	.01	.01(0.05)
B <sub>2</sub>	14.7	15.2	.18	.17( .76)

Fonte: <http://image.sciencenet.cn/olddata/kexue.com.cn/upload/blog/file/2008/9/2008922131449638394.pdf>

As frações a seguir (fração F, C, J e L) são correspondentes à figura 5 (Figura 5- Separação por resinas).

- **FRAÇÃO F**

Esta fração foi cromatografada e possui o ácido aspártico. Alguns compostos não foram identificados.

- **FRAÇÃO C**

As bases não foram analisadas.

- **FRAÇÃO J**

Esta fração foi cromatografada e foram identificados os ácidos: láctico, glicólico e obórico.

- **FRAÇÃO L**

Os ácidos voláteis foram cromatografados, e foram encontrados os ácidos: fórmico, acético, propiônico, glicólico e láctico.

## 5. ANÁLISE DOS MATERIAIS DIDÁTICOS<sup>25</sup>

Antes de serem analisados os materiais didáticos selecionados pela Pp, há necessidade de serem relatadas algumas pesquisas que tratam do mesmo tema. Para isto foram selecionados alguns autores e descritos sucintamente seus trabalhos.

Batisteti (2010)	O trabalho se centra nos assuntos de Genética e Biologia molecular, que faz parte dos currículos Ensino de Ciências. Nos livros didáticos o conteúdo de biologia molecular é apresentado de forma dogmática, com representações esquemáticas de estruturas e técnicas moleculares, sem nenhuma contextualização. Batisteti faz um estudo histórico do biólogo americano James Dewey Watson (1928 -?) e do físico e bioquímico britânico Francis Harry Compton Crick (1916 – 2004) que fizeram a proposta da estrutura do DNA, o que foi fundamental para o desenvolvimento da biologia molecular. Ao analisar os livros didáticos, Batisteti notou que não aparecia uma abordagem histórica, apenas a estrutura físico-química do DNA, mencionando a importância de relatar a o contextos das pesquisas que antecedem a deles, as quais contribuíram para a o entendimento da dupla hélice.
Nunes (2012)	Foi abordada em sua pesquisa o conceito de sucessão ecológica, que deveria ser compreendido previamente para o entendimento de outros conceitos como: o de população, ecossistemas, relações entre os seres vivos e a do habitat. Foi feita uma análise dos materiais didáticos para compreender como o conceito de sucessão era abordado e foi verificado que foi embasado numa abordagem dogmática, simplificada e fragmentada. Não se considerou a complexidade do fenômeno. Segundo a pesquisadora os livros didáticos deveriam tratar o conceito de forma mais completa, mencionando a utilização da História da Ciência, pois através desta é possível relatar a concordância e as controvérsias entre os cientistas, mostrando a

<sup>25</sup> Nas citações diretas dos autores dos materiais didáticos, serão grifados em negrito, os vocábulos que serão analisados. Portanto, todos os grifos (objetos de discussão) são da pesquisadora.

	relação entre os conceitos, de tal forma que o aluno pudesse compreender a interdependência entre eles.
Mottola (2011)	Analisou o conceito de evolução que foi desenvolvido por Lamarck e Darwin. Este foi apresentado nos livros didáticos de Biologia. Mottola, analisando os materiais didáticos, constatou uma visão a- histórica da ciência, a falta de contextualização sociocultural e a ausência do relacionamento entre a História e a Filosofia da biologia, o que certamente prejudicou a elaboração dos conceitos.

Tais pesquisas, de modo geral, relataram a forma simplificada, dogmática, descontextualizada, em que os conteúdos foram apresentados, não dando ênfase aos aspectos socioculturais que influenciam a ciência. Também não mostrando a relação da História e da Filosofia da Ciência com os conteúdos a serem ensinados. Dessa forma, os materiais didáticos analisados acabavam prejudicando a compreensão dos conceitos apresentados. A seguir serão analisados três materiais didáticos relacionados à temática origem da vida do pesquisador Miller.

No material didático elaborado por Uzunian, Castro, Sasson (2002), a obra e os experimentos de Stanley Miller não se apresentam contextualizadas historicamente. Os autores apenas apontam que Miller é bioquímico. Não é colocada nenhuma consideração sobre a sua trajetória de pesquisa e de vivência, como: a universidade em que estudou, a influência familiar que recebeu, suas atividades externas à ciência, a repercussão que o trabalho teve na época, entre outras.

Urey não é mencionado. Isto pode ser considerado uma lacuna lamentável, uma vez que ele foi fundamental para a publicação do artigo de Miller: *A Production of Amino Acids Under Possible Primitive Earth Conditions* (1955), na *Science*. Dessa forma, Urey teve uma notória importância política para o reconhecimento do trabalho de seu orientando.

O material também descreve a construção de apenas **1 (um)** aparelho. O que, de fato, está incorreto, pois Miller elaborou **3 (três)** aparelhos, cada um possuindo modificações, com o objetivo de aperfeiçoar o experimento.

A seguir, a transcrição retirada do material:

Construiu **um** aparelho (observe a figura a seguir) que era um sistema fechado, no qual fez circular durante **sete dias** uma mistura de gases: metano, hidrogênio, amônia e vapor de água estavam presentes (sic). (UZUNIAN *et al.*, 2002, p.90)

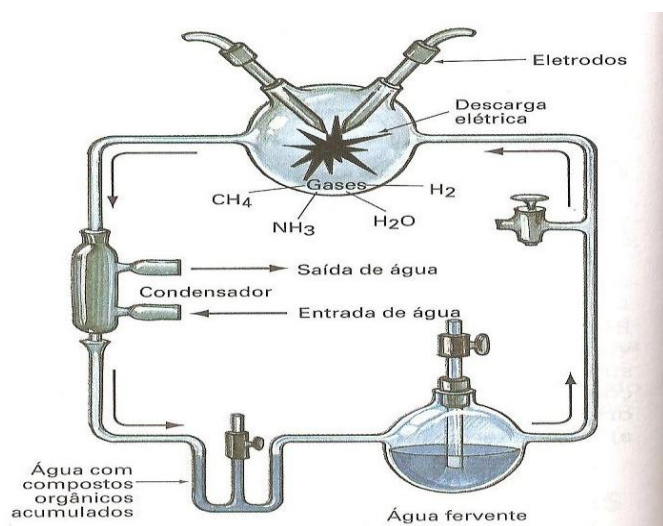
Também consta outro erro na citação supracitada: os gases foram circulados **durante sete dias**. A circulação de gases (nos três aparelhos) demorou muito mais do que **sete dias**.

A análise do produto é mencionada como método cromatográfico da **água do reservatório** resultante do experimento:

Ao fim de uma semana, a **água do reservatório**, analisada pelo método da cromatografia, mostrou a presença de muitas moléculas orgânicas, entre as quais alguns aminoácidos (UZUNIAN *et al.*, 2002, p.90.).

Miller descreveu que foi feita uma análise do líquido e **dos gases** presentes no aparelho, não somente da **água do reservatório**. Sendo assim, isso não corresponde à verdade, pois foi feita uma mistura de compostos, não somente H<sub>2</sub>O. O aparelho representado na ilustração, não corresponde a nenhum dos aparelhos do artigo publicado, conforme pode ser visto na fig. 9, a seguir:

**Figura 9 Experimento de Miller, material didático 1**



Fonte: UZUNIAN, CASTRO, SASSON. (2002, p.90-92)

A obra e a vida de Oparin não estão contextualizadas. A única característica descrita, no material, é a sua nacionalidade (**russo**). O pesquisador é mencionado como

**o primeiro** a reunir e relacionar alguns dados sobre a origem da vida, essa afirmação é muito complexa, pois não se sabe, de fato, se ele foi o primeiro a fazer esta relação.

O livro de Oparin *A Origem da vida* foi publicado em 1936, mas não se tem certeza se ele formulou sua **primeira hipótese** sobre a origem da vida neste ano. Devido à complexidade da sua teoria, é provável que ele não a tenha **formulado** pontualmente **em 1936**, como pode ser visto na citação abaixo referente ao material didático:

O cientista **russo** Alexandre (sic) I. Oparin foi o **primeiro** a reunir e relacionar alguns dados da Geologia, da Química, da Física e da Biologia que lhe permitiram **formular, em 1936**, uma hipótese de surgimento da vida (UZUNIAN *et al.*, 2002, p.89).

No material Barros, Paulino, (2007) existe uma melhor contextualização do pesquisador Miller, porém de forma muito reducionista. É citado Harold Urey como orientador de Miller. Também é mencionado no livro “a hipótese Oparin-Haldane”, mas estes formularam hipóteses distintas: Haldane propõe uma atmosfera contendo gás carbônico, diferentemente de Miller, que propôs uma atmosfera com água, hidrogênio, metano e amônia para a formação dos primeiros seres vivos. Do modo como o livro descreve subentende-se que são hipóteses iguais ou complementares, quando na verdade são distintas. Os autores também não citam quaisquer influências que Miller tenha recebido para a elaboração de seu trabalho.

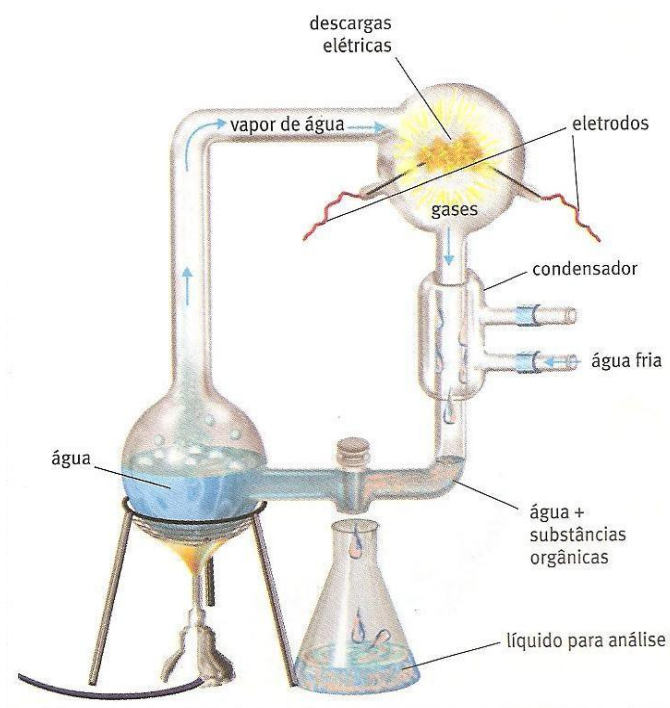
A hipótese final formulada na obra de Miller não é mais aceita atualmente, mas na época em que o autor a supôs ela era pertinente, pois se acreditava que a vida teria sido originada a partir do protoplasma, e de seus constituintes como as proteínas (aminoácidos). Posteriormente, após a publicação de Watson-Crick (do modelo sobre o DNA), passou-se a acreditar que a vida teria se originado de forma que o DNA estaria presente no desenvolvimento dos primeiros seres vivos. O foco da origem da vida não era mais o protoplasma e seus constituintes, mas sim a molécula de DNA, que sintetiza as proteínas. O material menciona que a hipótese **ainda é contestada** por vários cientistas. Todavia o texto não diz que atualmente ela não é mais aceita e nem oferece mais explicações, de modo que o pensamento se torna confuso e incoerente, incompleto.

A hipótese de Oparin e Haldane foi, **e ainda é, contestada** por vários cientistas. Mas, em 1953, ela obteve um importante reforço: um experimento

realizado pelo estudante Stanley L. Miller, orientado pelo cientista **Harold Urey**. (BARROS, PAULINO, 2007, p.31)

Também é apresentado que Stanley Miller criou 1 (um) aparelho, e foram 3(três), reforçando o erro já cometido pelos outros autores. O aparelho mostrado neste material didático não corresponde a nenhum dos elaborados por Miller: os eletrodos estão posicionados na parte inferior no balão, e no experimento, mostrado no material didático, estão na parte superior. No aparelho original havia dois balões, um que possuía água em ebulição, este era menor que o outro, que continha eletrodos. Na ilustração do material didático, existem dois balões, mas o que contém a água é maior (ou igual) ao que contém os eletrodos. A ilustração apresentada no material didático, portanto, não representa objetivamente os tamanhos dos balões. Também é colocado um Béquer, enquanto que no artigo de Miller aparece um tubo em U.

**FIGURA 10-Experimento de Miller, material didático 2**



Fonte: BARROS, PAULINO. (2007, p.31)

A análise dos resultados é mencionada como se fosse somente uma análise de líquidos, mas Miller analisa os **líquidos se os gases** resultantes do procedimento. Não é mencionada a análise cromatográfica por ele feita, e também é relatado o tempo de **1 (uma semana)** para que o experimento produzisse algum resultado. Todavia,

Miller fez três aparelhos, e a análise cromatográfica foi bem complexa. Dessa forma, somente em 1 (uma semana) não seria possível obter resultados tão rápidos.

Após **uma semana** com o equipamento em constante funcionamento, Miller e Urey analisaram o **líquido** resultante e nele encontraram grande variedade de compostos orgânicos que se haviam formado (BARROS, PAULINO, p.31, 2007).

Aleksandr Oparin é novamente mencionado neste segundo material, a única contextualização colocada é que ele é **russo e bioquímico**, bem como consta a **data de seu nascimento e falecimento**:

Pelo **bioquímico russo** Aleksandr Ivanovitch Oparin (1894-1980). Eles procuram explicar a formação dos primeiros seres vivo a partir de moléculas orgânicas complexas. (BARROS, PAULINO, p.30, 2007).

No material existe uma ideia extremante equivocada, Barros e Paulino (2007) descrevem o surgimento dos coacervados, e relatam que a estrutura de DNA surgiu devido a diversas reações ocorridas no interior do coacervado. O livro de Oparin foi publicado em 1936, e o modelo do DNA foi proposto por Watson e Crick em 1953, dezessete anos após a publicação de Oparin. Na época em que o livro foi publicado, existia a ideia de gene, cromossomo:

Segundo eles (alguns pesquisadores), a molécula do **gene** aparece por acaso, graças a uma feliz combinação de átomos de carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio e fósforo que, por si próprios, se agruparam para formar esta molécula estruturada de maneira extremamente complexa, possuidora desde o primeiro momento de todos os atributos da vida. [...] **É claro que tal explicação não explica coisa alguma.** (Oparin, 1936, p.18)

Mas esta ideia de gene que aparece ao acaso não é considerada por Oparin como uma boa explicação para a origem da vida, como se lê claramente na citação acima. A origem da vida, através do material genético, é enfatizada após a publicação do modelo de DNA. Citação do material didático:

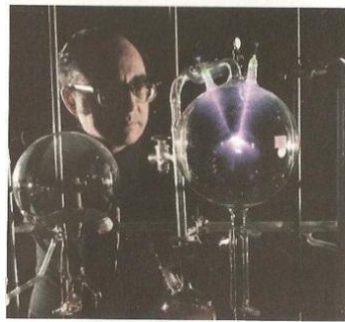
No interior dos **coacervados**, entre as substâncias neles existentes, teriam ocorrido diversas reações, até que, depois de milhões de anos, viriam a surgir os **ácidos nucléicos**, como o **DNA** (ácido desoxirribonucléico). Como vimos no capítulo 2, o **DNA** constitui o **material genético** de uma célula e comanda as suas diversas atividades, inclusive a reprodução. Com o surgimento dos **ácidos nucléicos**, **os coacervados** teriam se organizado em seres vivos unicelulares. (BARROS, PAULINO, p.31, 2007)



Em nenhum momento do livro Oparin, este faz a relação do **material genético** com os **coacervados**, como está apresentado nas citações acima.

No material de Lopes, Rosso (2005), são mencionados os nomes completos de Miller e Urey, bem como: a Universidade de Chicago no qual trabalhava. Também é colocada uma foto dele junto a um equipamento, fig 11. Nesta foto não dá para saber quais dos aparelhos de Miller estão sendo retratados.

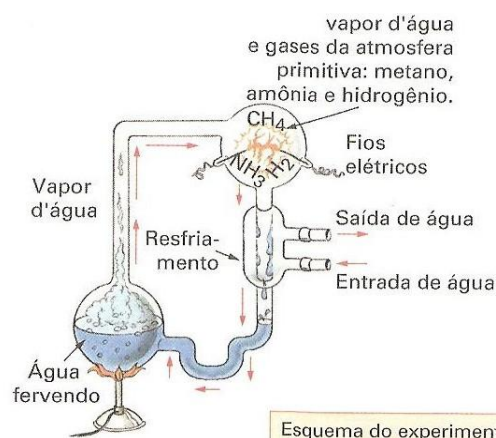
### FIGURA 11-Experimento de Miller, material didático 3



Fonte: LOPES, ROSSO. (2005, p.19)

Na ilustração do experimento, fig.12, os fios elétricos são representados por uma reta indicando “sentido para baixo”, e em nenhum dos experimentos do artigo de Miller aparecem fios (eletrodos) representados desta forma. No material apresentado por Lopes, Rosso (2005) é mencionada uma **análise da parte líquida** do experimento, e Miller analisou a parte líquida e a parte gasosa.

**FIGURA 12- Experimento de Miller, material didático 4**



Fonte: LOPES, ROSSO.(2005, p.20)

Estes autores explicam a análise da “**água**” como se somente esta estivesse **contidana parte em U**, mas a parte líquida não era apenas composta por água, e sim por outros elementos.

Pela análise da **água contida** nessa **parte em U** pode-se verificar a formação de moléculas orgânicas ( LOPES, ROSSO, 2005, p.20).

A análise complexa que Miller faz em cromatografia não é mencionada. Os autores se limitaram a mencionar apenas os componentes que **constituíram a atmosfera** na época. E também este material, como os demais já analisados, relata que foi construído apenas **1(um) aparelho**, e na verdade foram três.

Miller construiu **um aparelho** que simulava as condições da Terra primitiva e introduziu nele os componentes que provavelmente constituíam a atmosfera naquela época: amônia ( $\text{NH}_3$ ), hidrogênio ( $\text{H}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) e vapor d'água. (LOPES, ROSSO, 2005, p. 19 ).

No material didático de Lopes e Rosso (2005), Aleksandr I. Oparin é descrito como um cientista russo; também são mencionadas as datas de nascimento e falecimento dele. Na explicação da sua teoria sobre a origem da vida, ficou suposto que no **coacervato** existia a presença de **ácido nucleico**. A estrutura de DNA foi proposta por Watson e Crick, em 1953, e o livro *A origem da vida* foi publicado em 1936. Existia uma noção do material genético, mas como citado anteriormente, Oparin não acreditava que este teria originado a vida. Ao contrário, criticava severamente os pesquisadores que fizeram tal suposição. Todavia neste material didático, os autores dão a entender que **os coacervatos** teriam ligação com o material genético, pois afirmam que **a presença**

**do ácido nucléico teriam adquirido a capacidade de reprodução e regulamentação das reações internas.**

Não se sabe como a primeira célula surgiu, mas pode-se supor que, se foi possível o surgimento de um sistema organizado como os **coacervatos**, podem ter surgido sistemas equivalentes, envoltos por uma membrana formada por lipídios e proteínas e contendo em seu interior a molécula de ácido nucléico. Com a **presença do ácido nucléico, essas formas teriam adquirido a capacidade de reprodução e regulação das reações internas** (LOPES, ROSSO, 2005, p. 19).

Com essas análises foi possível averiguar que Miller e Oparin são contextualizados de forma reducionista, pois os autores dos materiais didáticos analisados limitaram a relatar informações básicas sobre a biografia de Miller e Oparin como: a) o nome inteiro; b) data de nascimento e falecimento; c) nacionalidade. Estes são dados que não contextualizam os pesquisadores relativamente à época em que viveram. Ilustram suas citações com elementos figurativos que não correspondem aos aparelhos elaborados por Miller.

Deixam vários conceitos vagos e imprecisos, agravando a compreensão da Natureza da Ciência. Não há referência sobre os mitos que envolvem os cientistas e a ciência. Especificadamente sobre o experimento de Miller, os autores deixam de relatar a complexidade que o envolveu. Os experimentos são mostrados como se Miller os tivesse realizados, de forma eficaz e eficiente, rapidamente, obtendo êxito fácil. Não há menção de que Miller fez três experimentos, bem como não é relatada a análise extremamente complexa que este autor elaborou. Exemplificando, Miller analisa a parte líquida e os gases. Também foi cometido um erro crasso: a teoria de Oparin teria abordado o material genético, mas isto não ocorreu, conforme já foi explicado.

Não foi objetivo de a pesquisadora fazer uma análise profunda sobre todas as apostilas mencionadas, mas apontar as falhas que um material didático, mesmo renomado, pode conter. Estas prejudicam o ensino e a aprendizagem dos conceitos científicos básicos referentes aos estudos da Natureza da Ciência, da História da Ciência e da própria Ciência.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Miller teve diversas influências, entre estas cabem ser ressaltadas: a) da mãe, que foi professora; b) de Edward Teller (1908-2003), que foi o seu primeiro orientador, mas que precisou sair da universidade de Chicago para trabalhar em outro local, tornando inviável continuar a orientação; c) e de novo orientador Urey, que o impressionou sobre a palestra que proferiu na Universidade de Chicago sobre os compostos químicos que possivelmente formariam os primeiros seres vivos. Na relação entre “orientador (Urey)/orientando (Miller)”, houve inicialmente um entrave, pois Urey foi contra o projeto de pesquisa que seu orientando queria desenvolver, mas com a insistência deste, acabou cedendo, impondo a seguinte condição: o prazo de um ano para que Miller mostrasse resultados convincentes. Caso isto não ocorresse, o projeto deveria ser abandonado. Com os resultados satisfatórios dos experimentos de Miller, este escreveu um artigo que graças a influência política de Urey no meio acadêmico foi publicado de forma mais agilizada na revista *Science* (considerada uma revista de destaque). Isto mostra o quanto a Ciência não é neutra, pois depende de um contexto não apenas composto por intelectuais, mas, sobretudo, pautado pelo poder socioeconômico e político que estes exercem no mundo acadêmico. Estas mesmas ideias são defendidas por McComas (1998), Lederman (2002).

McComas (1998) e Lederman (2002) desmitificam o trabalho solitário do cientista, mostrando que este é feito em equipes e não elaborados apenas por gênios. Desse modo, ressaltam a importância de que todo conhecimento científico depende de vários fatores como: conhecimentos prévios realizados por outros cientistas, a visão de mundo que os pesquisadores tem sobre a ciência (entendida como ideologia) e o contexto histórico socioeconômico e cultural em se inserem.

Gil-Perez *et al*, (2001) também corroboram as ideias de McComas (1998) e Lederman (2002) ressaltando a compreensão da Natureza da Ciência como não sendo neutra, e nem isenta de influências políticas, e/ou de outros fatores. Porém Gil-Perez *et al* (2001) escrevem suas ideias para um público alvo específico: os professores. Segundo este autor, em geral, os professores reproduzem, muitas vezes, a crença que os cientistas são pessoas isoladas; ou seja, fazem parte de uma elite de intelectuais, que

possuem conhecimentos científicos superiores, não reconhecendo o valor do trabalho em equipe e das influências sociais e/ou políticas.

Oparin recebeu várias influências de pesquisadores para escrever o livro *A Origem da Vida* de Oparin, como a de Charles Darwin, Joseph Dalton Hooker, Johann E. Purkinje, Hugo Von Mohl, Huley, V. Komarov entre outros. Isto mostra a importância de cada um deles para a elaboração do seu livro e conseqüentemente enfatizar a construção do conhecimento científico.

Oparin, por sua vez, também contribuiu de forma significativa para elaboração da obra de Miller, já que mencionou as hipóteses:

- os organismos heterótrofos e a fermentação anaeróbica foram primordiais,
- a proposta de uma atmosfera redutora para a síntese pré-biótica de compostos orgânicos,
- a transição da heterotrofia para a autotrofia, entre outras.

Miller utilizou as hipóteses de Oparin como fontes histórica e documental relacionadas à Natureza da Ciência para realização do seu experimento. Desse modo, pode-se concluir que não há como separar a Natureza da Ciência, da História e Filosofia da Ciência e Ensino da Ciência.

O contexto histórico foi um fator essencial para Oparin não testar suas hipóteses, pois, nessa época, ainda não existiam estudos sobre a Ciência em relação à química orgânica. Acreditava-se que os compostos orgânicos só eram produzidos por seres vivos. Essa concepção só foi alterada quando Friedrich Wohler produziu compostos orgânicos sem o auxílio de um ser vivo, em laboratório. Assim, a química orgânica passou a se desenvolver.

Depois do trabalho sobre origem da vida, Miller realizou outros experimentos científicos; em conjunto com Ray Salemme e alguns alunos, formaram uma equipe e construíram uma oficina mecânica para fabricar um carro a vapor em colaboração com o Departamento de Física. Além disso, Miller também teve contato com vários outros pesquisadores em diversas partes do mundo, pois ele proferiu palestras e entrevistas em vários locais, como: Índia, Japão, Europa, Austrália, Brasil, África, entre outros. Ressalta-se com este relato que um cientista não pesquisa sem a influência e cooperação de outros pesquisadores, ou seja, todo desenvolvimento científico pressupõe a colaboração de diversos investigadores, inclusive de diversas áreas de saberes.

Na teoria de Miller e Oparin é possível discutir uma mudança na concepção sobre a origem da vida; antes existia a ideia de que a proteína originou a vida, atualmente acredita-se que a molécula de DNA possa ter uma relação com a origem da vida. A ideia dos coacervatos também não é mais aceita. Isso mostra, conforme já ressaltou Lederman *et al* (2002), que o conhecimento científico é provisório, sofre modificações, correlações, entretanto, nunca é definitivo. Cabe ressaltar que diante dos conhecimentos e recursos científicos da época Oparin teve grande criatividade em seus trabalhos, que é uma das características da construção da ciência.

Outra visão difundida no meio acadêmico, como já ressaltado por Gil Pérez e *et al*, (2001), McComas (1998) e Lederman (2002) sobre a Natureza da Ciência, é a visão rígida que se tem do método científico. Este seria constituído por etapas que deveriam ser seguidas de forma precisa, apresentando resultados com extrema exatidão, infalibilidade e previsibilidade.

O próprio Miller destrói este mito (previsibilidade), pois ao longo de sua pesquisa, fez três experimentos, o primeiro teve como problema de a água ter sido condensada antes de chegar ao condensador. O aparelho dois tinha como diferença: um aspirador, para que os gases circulassem mais rápidos, nas descargas foi utilizada uma bobina de testa, mas a parafina contida na mesma derreteu, sendo trocada por outra bobina, o que aumentou o consumo de energia. No terceiro aparelho foi usado um elétrico silencioso para diminuir o consumo de energia, mas o mesmo só aumentou.

Como foi possível constatar, Miller utilizou vários procedimentos metodológicos no seu trabalho em decorrência dos problemas que foram surgindo ao longo dos experimentos. Isso mostra que não há como predefinir quais recursos metodológicos serão infalíveis, mas refletir e selecionar os possíveis para solucionar as situações problemas ocorridas durante os experimentos.

Na análise dos materiais didáticos sobre Miller foi possível concluir que tanto Oparin como Miller não possuem nos textos citados nos livros uma contextualização satisfatória, já que a mesma é muito precária, como, por exemplo, são citados: o nome inteiro, data de nascimento e falecimento, nacionalidade, de forma a não existir uma contextualização mais aprofundada sobre dados da Natureza da Ciência relacionada com a História e Estudo das Ciências pelos pesquisadores.

Os aparelhos de Miller são colocados de forma errônea. Não existe uma compreensão da complexidade dos experimentos elaborados, dando uma ideia de simplicidade, rapidez em resolver os problemas surgidos. Nos livros analisados aparece

apenas à análise dos líquidos e somente a ilustração de um aparelho, que não corresponde a nenhum dos aparelhos realmente elaborados por Miller. Os autores comentem também o erro de misturar a teoria de Oparin com o material genético, pois colocaram este material relacionado ao coacervato. Esta relação não existe. Tais erros agravam a compreensão da Natureza da Ciência e prejudica o Ensino da Ciência que é passado pelos autores dos livros aos alunos como se fossem verdades.

A seguir, objetivamente trazemos mais detalhadamente o material didático e seus autores selecionados pela Pp. Começar-se-á por Uzunian, Castro, Sasson (2002), em que Miller é apontado apenas como bioquímico; Oparin como russo; e, Urey nem é mencionado, o que é prejudicial ao ensino e aprendizagem, pois o último teve uma importância muito grande na vida acadêmica de Miller. Existe, neste material, como já relatado, a representação de apenas um aparelho, e o mesmo é irreal já que Miller não fez nenhum aparelho com é representado no livro. A análise dos produtos é mencionada como uma análise de água, e Miller faz uma análise não somente da parte líquida, e sim do líquido e dos gases, lembrando que não é apenas água e sim uma mistura de compostos.

Já em Barros, Paulino (2007) existe uma contextualização reducionista; neste material didático Urey é mencionado. É feita uma relação “Oparin – Haldane;” mas, como já explicado, estes autores apresentam teorias distintas, e da forma colocada no material subentende que são teorias convergentes. Os autores não citam influências históricas, socioculturais de outros pesquisadores da época, e também não mencionam que a hipótese de Oparin já foi atualmente contestada, entretanto, não deixam isto claramente explícito, dando a entender que tal hipótese ainda é aceita.

Existe, neste material, como no primeiro já analisado, uma contextualização muito precária de Oparin; apenas é mencionado: que o mesmo é russo e bioquímico, a data de seu nascimento e de sua morte. Há também uma relação inexistente do material genético e a hipótese de Oparin. Na parte experimental é colocado apenas um aparelho que não corresponde a nenhum dos três formulados por Miller; na análise dos resultados é relatado como se Miller tivesse somente pesquisado sobre os líquidos, mas Miller analisa os líquidos e os gases.

Em Lopes, Rosso (2005), os nomes de Miller e Urey são colocados por extenso, e a universidade de Chicago é apenas mencionada. É mostrado um experimento, e este, mais uma vez, (como nos demais materiais analisados) não corresponde a nenhum formulado por Miller. Na análise dos resultados, no livro didático, é mencionado como

se Miller tivesse somente pesquisado a parte líquida existente no aparato, esquecendo-se da análise da parte gasosa, o que não ocorreu. Neste trecho do material didático, também foi mencionada apenas uma análise de água, quando na verdade não foi somente água, mas toda a mistura de compostos. Neste livro também é feita uma relação entre o material genético e a teoria de Oparin de forma incorreta, pois este, em seu livro *Origem da Vida*, mencionou o material genético (DNA), mas descartando a possibilidade de o mesmo ter originado a vida.

As análises feitas dos autores mencionados, em síntese, corroboram com a que Martins (1993) chama de estudo cronológico, uma vez que nos materiais didáticos analisados foram enfatizados datas e nomes, dando a entender que: a História da Ciência é feita por grandes personagens, por episódios marcantes, por datas comemorativas, que marcam mudança quando algum fato científico é considerado notório. Desse modo, fica explícito que cada acontecimento não depende de outros fatores, o que vimos ser impossível de ocorrer. Dessa forma, discutir a História da Ciência é algo bem mais complexo, pois deveriam ser enfatizados muitos aspectos da Natureza da Ciência, que não foram discutidos.

Foi possível notar vários aspectos da Natureza da Ciência que poderiam ser discutidos no episódio histórico de Miller, auxiliando no desenvolvimento do currículo, e na formação de professores. Como McComas (2007) menciona é fundamental serem trabalhados alguns aspectos da Natureza da Ciência como: o conhecimento científico ser provisório, as influências que o pesquisador e a ciência sofrem.

As ideias de McComas são semelhantes à de Thomas Kuhn (1922-1996) e aos demais autores já mencionados, pois destaca que os cientistas trabalham dentro de uma tradição de pesquisa, a qual denomina como paradigma. Este orienta as pesquisas dos membros que o adotam, e pode limitar a investigação, já que algumas ideias novas serão rejeitadas caso não estejam de acordo com o selecionado “modelo”.

Ao fim e ao cabo, conclui-se que os objetivos da Pp foram alcançados, pois foi discutida a Natureza da Ciência utilizando ideias surgidas em torno do trabalho do químico Stanley Lloyd Miller sobre a origem da Vida, testada na elaboração de seus experimentos, bem como os autores que tiveram influência sobre ele (objetivo Geral). Também foram alcançados os objetivos específicos: pois foram analisados como a Natureza da Ciência e a História da Ciência foi apresentada em alguns materiais didáticos; foram também disponibilizados materiais teóricos para serem utilizados no



Ensino da Natureza da Ciência. Nos limites do tempo disponível, e dentro das limitações dos conhecimentos adquiridos pela Pp até o atual momento, espera-se que tenha havido contribuição para que novos pesquisadores e professores aprofundem o presente trabalho. Ressalta-se que para a Pp houve acréscimo de conhecimentos obtidos pela elaboração das pesquisas realizadas que certamente contribuirão muito para a melhoria da sua prática pedagógica no dia a dia dentro e fora da sala de aula.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABD-EL-KHALICK, F.; BELL, R.L.; LEDERMAN, N.G. The Nature of Science and Instructional Practice: Making the Unnatural Natural. **Science Education**, v. 82, n.4, Jul. 1998, p. 417-36.

ALLCHIN, D. Pseudohistory and pseudoscience. **Science & Education**. v. 13, n. 3, 2004, p. 179-195.

BADA, J.L.; LAZCANO, A. Prebiotic Soup: Revisiting the Miller Experiment. **Science**.v.300, n. 5620, maio, 2003, p. 745-746.

BADA, J. L.; LAZCANO, A. Stanley L.Miller. **National Academy of Sciences**, 2012.

BARROS, C.; PAULINO, W.R. **Ciência os seres vivos**. São Paulo: Ática, 2007, p.29 - 31.

BASSALO, J. M. F. A importância do estudo da História da Ciência. **Revista da SBHC**,n. 8, 1992, p. 57-66.

BATISTETI, C. B. **Os estudos de Avery, Macleod e Mccarty e a ideia do DNA como responsável pela hereditariedade: interpretações historiográficas e apontamentos para o ensino de biologia**. 2010. 161 f. Dissertação (Mestrado Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2010. p. 66.

BITTAR, Eduardo C. B. **Metodologia da pesquisa jurídica: teoria e prática da monografia para os cursos de direito**. 3. ed. rev. São Paulo: Saraiva, 2003.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação**. Portugal: Porto, 1994, p.50

BUTTERFIELD, H. **The Whig interpretation of history**. London: Bell, set. 1931.

CAMPBELL, N. A.; MILLER, S.L.A. Conversation with Stanley Miller. **The American Biology Teacher**.v.51, n. 6, Sept. 1989, p. 349-353.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal ?**. São Paulo: Brasiliense, 1993.

DARWIN, C. **A Origem das Espécies**. Trad. Joaquim de Mesquita Paul. Porto.v. 1, n.1, 2003, p.549.

ESTEBAN, M. P. S. **Pesquisa qualitativa em educação**. 1.ed. São Paulo: MCGRAW-HILL BRASIL. 2010.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa**. 33ª impressão, Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1986, p. 1128 (a-b).

FLICK, U. **Introducción a la investigación cualitativa**. 3.ed. Madrid: MORATA, 2012.

FRY, I. **The Emergence Of Life On Earth: a Historical and Scientific Overview**. Colocar o nome da Revista em Negrito. v. 1, n. 1, 2000, p. 64-110.

GIL-PERÉZ, D.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, 2001, p. 125 -153.

GRUPO de ensino de física. **Bobina de tesla**. Disponível em: <[http://www.fis.unb.br/gefis/index.php?option=com\\_content&view=article&id=96&Itemid=208&lang=pt](http://www.fis.unb.br/gefis/index.php?option=com_content&view=article&id=96&Itemid=208&lang=pt)> Acesso em 18 nov., 2013.

GUIA dos eletrodos de tungstênio no processo de soldagem TIG. **O que é um eletrodo de tungstênio ?**Disponível em: < [http://www.oxigenio.com/guia-dos-eletrodos-de-tungstenio-para-processo-de-soldagem-tig-gtaw/o\\_que\\_e\\_o\\_eletrodo\\_de\\_tungstenio.htm](http://www.oxigenio.com/guia-dos-eletrodos-de-tungstenio-para-processo-de-soldagem-tig-gtaw/o_que_e_o_eletrodo_de_tungstenio.htm)> Acesso em 18 nov.2013.

HARRIS, D. C. **Análise química quantitativa**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

KÖCHE, José Carlos. **Fundamentos de metodologia científica: teoria da ciência e prática de pesquisa**. 14 ed. Petrópolis: Vozes, 1997

KUHN, S. T. **A estrutura das revoluções científicas**. 5.ed. São Paulo: Perspectiva, 1998.

KUHN, S. T. **A estrutura das revoluções científicas/** Thomas S. Kuhn; tradução Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. – 9. ed. – São Paulo: Perspectiva, 2006. .

LAKATOS, I. **La metodología de los programas de investigación científica**. Madrid: Alianza, 1989.

LALANDE, A. **Vocabulário técnico e crítico da filosofia**. 3.ed. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

LAZCANO, A. Historical Development of Origins Research. **Cold Spring Harbor Laboratory Press**, jun. 2010, p. 1-16.

LEDERMAN, N.G.; ABD-EL-KHALICK, F.; BELL, R.L.; SCHWARTZ, R.S. Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. **Journal of Research in Science Teaching**. v. 39, n. 6, ago. 2002, p. 497-52.

LEDERMAN, NAG. Student's and teacher's conceptions of the nature of science: a review of the research. **Journal of Research in Science Teaching**. v. 29, n. 4, abr.1992, p. 331-359.

LOPES, S.; ROSSO, S. **Biologia**. São Paulo: Saraiva, 2005, p. 18 -20.

LÜDKE, M. e ANDRÉ, E.D.A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARTINELLI, L. A.; OMETTO, J. P. H. B.; FERRAZ, E. S.; VICTORIA, R.L.; CAMARGO, P. B.; MOREIRA, M. Z. **Desvendando questões ambientais com isótopos estáveis**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. Disponível em: <[http://books.google.com.br/books?id=zS9NJeaQkF4C&pg=PA13&dq=quimica+isotopica&hl=pt-PT&sa=X&ei=PS14UrWpGMa1qgHC9IDYCQ&redir\\_esc=y#v=twopage&q=quimica%20isotopica&f=false](http://books.google.com.br/books?id=zS9NJeaQkF4C&pg=PA13&dq=quimica+isotopica&hl=pt-PT&sa=X&ei=PS14UrWpGMa1qgHC9IDYCQ&redir_esc=y#v=twopage&q=quimica%20isotopica&f=false)> Acesso em: 04 nov. 2013.

MARTINS, L. A. P. A história da ciência e o ensino da biologia. **Ciência & Educação**. n. 5, dez. 1998, p. 18-21.

MARTINS, R. A. Abordagens, métodos e historiografia da história da ciência. In: MARTINS, Ângela Maria (ed.). **O tempo e o cotidiano na história**. São Paulo: Fundação para o Desenvolvimento da Educação, 1993, p. 73 -78. (Série Ideias).

MATTHEWS, M. R. Historia Filosofia e Ensino de Ciência: A Tendência atual de reaproximação. **Cad. Cat. Ens. Fís**, v. 12, n. 3, dez. 1995, p. 164-214.

McComas, W. F. Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. **Springer Science**, v.17, fev.2007, p. 249- 263.

McComas, W. F. **The principal elements of the nature of science: Dispelling the myths**, 1998, p. 53-70.

MILLER, S. L. A Production of Amino Acids Under Possible Primitive Earth Conditions. **Journal of the American Chemical Society**.v. 77, n.9, maio, 1955, p. 2351 -2361.

MILLER, S. L.; ORÓ, J. Harold C. Urey 1893-1981. **Journal of molecular Evolution**.v.17, 1981, p. 263-264.

MILLER, S.L.; SCHOPH, J.W.; LAZCANO, A. Oparin's "Origin of Life". **Sixty Years Later**. v. 44, nov. 1996, p. 351-353.

MOTTOLA, Nicolau. **O evolucionismo no ensino de biologia**: investigação das teorias de Lamarck e Darwin expostas nos livros didáticos de biologia do plano nacional do livro didático do ensino médio - PNLEM. 2011. 125f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Rio Claro, SP.

NUNES, P. S. **Sucessão ecológica**: análise das concepções de estudantes ingressantes em um curso de Biologia por meio da história e transposição deste conceito. 2012. 118f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2012.

OPARIN, A. **A origem da vida**. 6. ed. São Paulo: Escriba, 1952.

PATTON, Michael, Quinn. **Developmental Evaluation** Disponível em: <https://www.abp.org/abpwebsite/r3p/pre-read/patton.developmentaleval.pdf> Acesso em: 20 jan. 2014.

PERETO, J.; BADA, J.L.; LAZCANO, A. Charles Darwin and the Origin of Life. v. 39. **Origins of Life and Evolution of Biospheres**. Jul. 2009. p. 395-406.

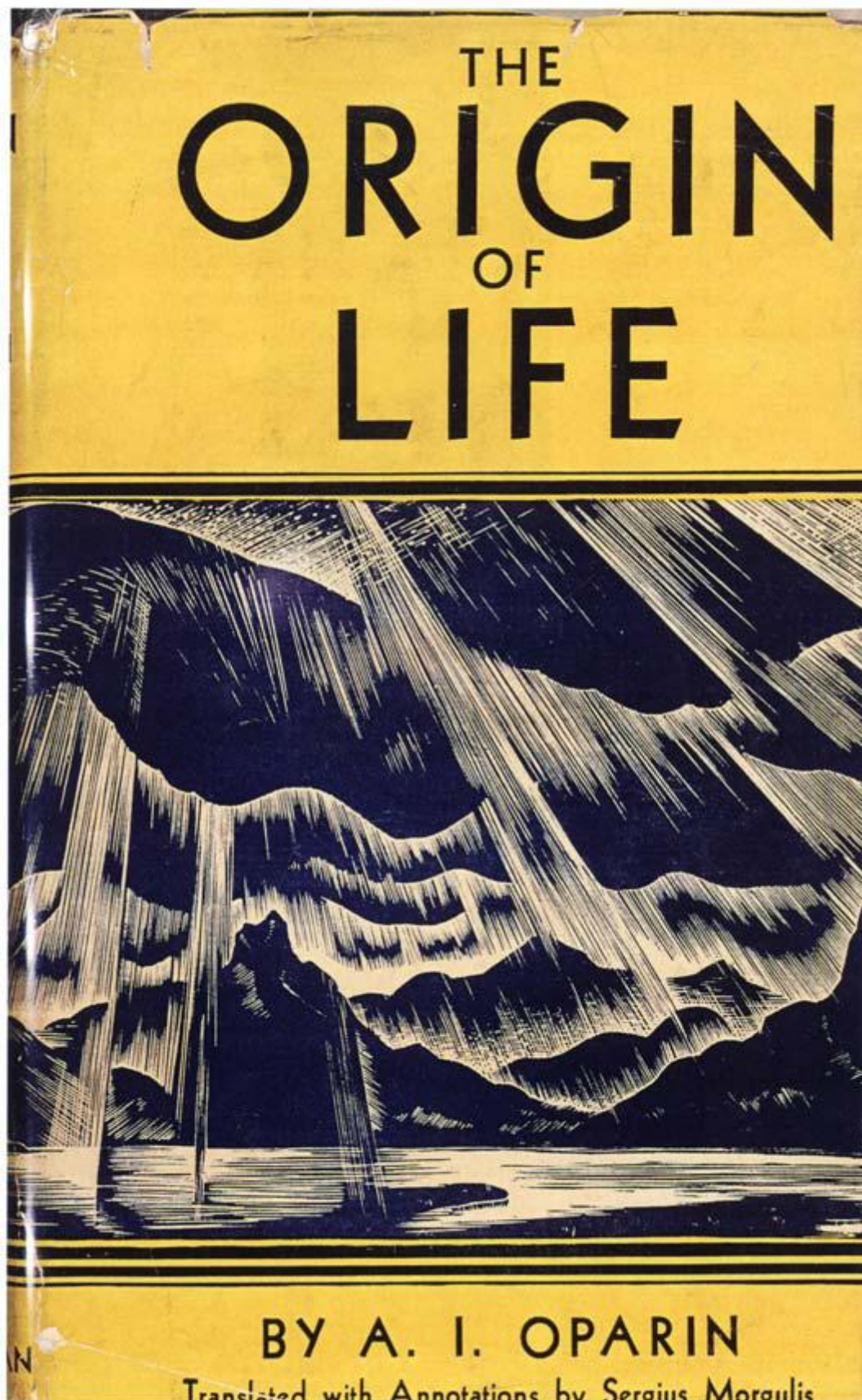
PRAIA, J.; GIL-PEREZ, D.; VILCHES, A. O papel da Natureza da Ciência na educação para a cidadania. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 2, 2007, p. 141-156 .

UZUNIAN, A.; CASTRO, N. H.C.; SASSON, S. **Biologia**. São Paulo: Anglo, 2002, p. 89 -91.

ZAMUNARO, A. N. B. R. **A prática de ensino de ciência e biologia e seu papel na formação de professores**. 2006. 309 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência, Área de Concentração: Ensino de Ciências) – Curso de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, Universidade Estadual Paulista



Anexo A: Capa original do livro de  
Oparin



## Anexo B - Carta de Urey para Oparin

April 11, 1956

edi

Professor A. I. Oparin  
The Institute of Biochemistry  
U.S.S.R. Academy of Sciences  
B. Kaluzskaya 33  
Moscow B-17, U.S.S.R.

Dear Professor Oparin:

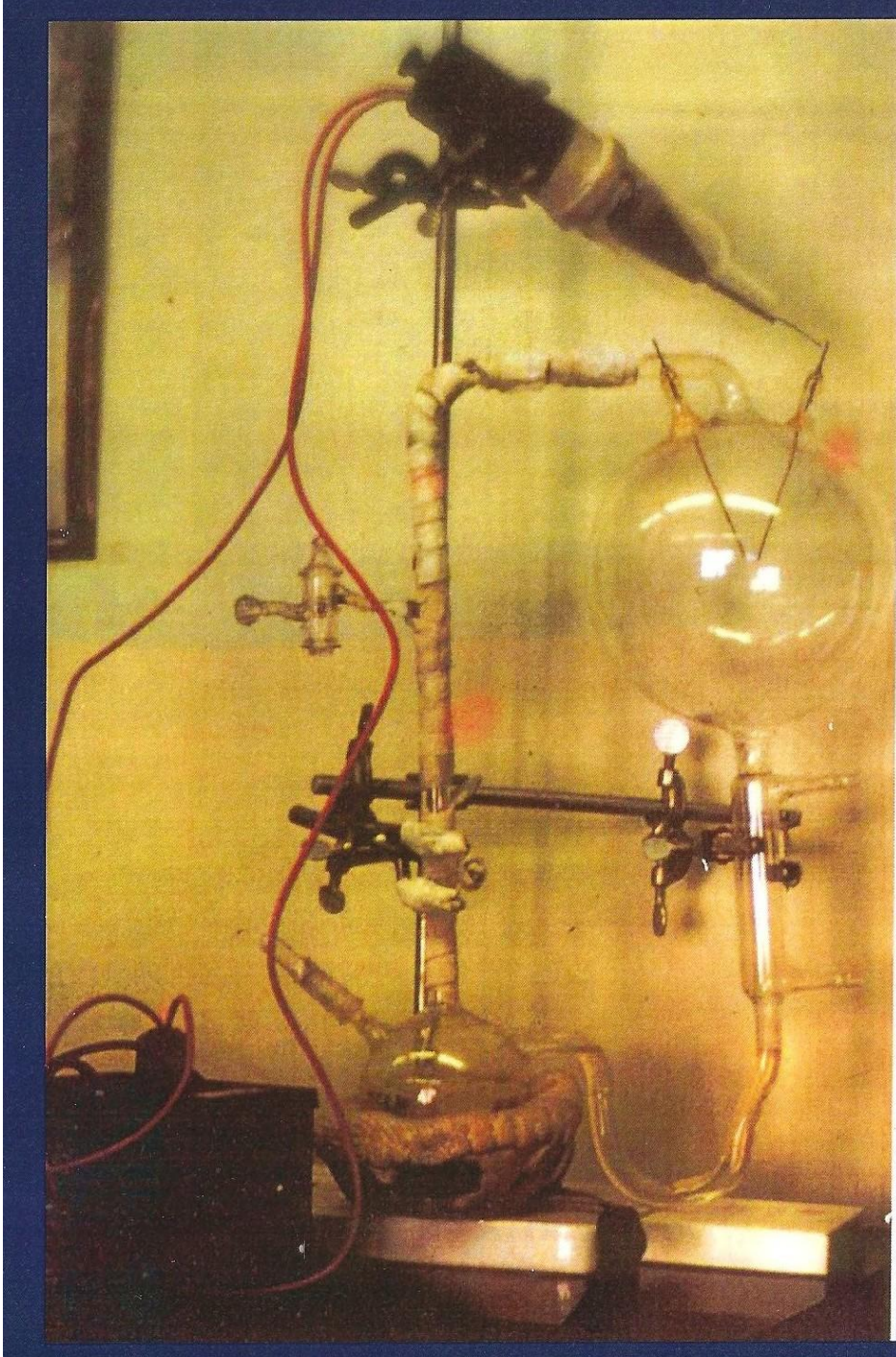
I am very happy to have received your letter discussing the meeting to be held next year on the Origin of Life. Such a meeting would be very valuable. It seems probable at present Also, Hans Gaffron of the University of Chicago has some very interesting ideas about this problem arising from his studies on photosynthesis.

I read your book on the Origin of Life some ten years ago and immediately accepted your general thesis, and I wish to say that this small book constitutes a most important work in this field in my opinion.

Very sincerely yours,

Harold C. Urey



**Anexo C - Aparato de Miller**

## Anexo D – Reportagem sobre a morte de Stanley Miller

24/05/2007 - 10h39

### Morre Stanley Miller, pioneiro em estudos sobre a origem da vida

PUBLICIDADE

**RAFAEL GARCIA**  
da **Folha de S.Paulo**

Morreu no Domingo nos Estados Unidos aos 77 anos o bioquímico Stanley Miller, um dos pioneiros nas pesquisas sobre a origem do DNA e da vida.

David McNew/Reuters



Bioquímico Stanley Miller morreu aos 77 anos

O cientista se tornou conhecido por meio do trabalho que realizou em 1952 ao lado de seu então orientador Harold Urey, morto em 1981. Em um experimento de laboratório, os dois mostraram como moléculas orgânicas complexas poderiam surgir espontaneamente a partir de outras mais simples.

Miller criou uma mistura de gases semelhante àquela que poderia existir na Terra primordial, aplicou sobre ela descargas elétricas e obteve aminoácidos --os blocos moleculares essenciais das proteínas que compõem as células.

"A origem da vida é relativamente simples, e existe uma gama de condições sobre as quais pode aparecer. Uma vez feitos os aminoácidos, os outros passos são mais tranquilos", disse o cientista numa entrevista em 1996. Decifrar esses passos, porém, continua sendo um dos maiores desafios da biologia.

Miller, professor da Universidade da Califórnia em San Diego, tinha sofrido uma série de derrames cerebrais iniciados em 1999. Após se aposentar, mudou-se para a clínica de repouso onde morreu.

**Anexo E: Foto de Miller**



