

A Origem da Vida e o Meio Ambiente

Maria da Graça F. Lütz

1. Introdução

Embora a necessidade humana de conhecer e explorar seu ambiente seja uma coisa muito antiga, a preocupação com seu estado de conservação é algo relativamente recente (década de 1960) [1]. Esta preocupação despontou como uma constatação de que os recursos são limitados e muitos não renováveis, de que todos os seres na natureza estão interligados e são interdependentes.

A interferência humana nestas relações durante a maior parte de sua história no planeta tem sido apenas utilitarista sem preocupação com o equilíbrio. Como a noção do impacto das ações humanas sobre a natureza tem crescido — noção de que isto nos afeta como seres da natureza — há uma crescente preocupação com medidas que minimizem este impacto e promovam o equilíbrio e a conservação.

Ao atentarmos para os diferentes ecossistemas em nosso planeta, percebemos que, apesar dos desequilíbrios, há um ajuste dos seres vivos entre si e com o ambiente físico, de tal forma que se adaptam uns aos outros na complexidade da vida e fenômenos naturais neste planeta.

As diferentes facetas das relações entre os seres vivos revelam um ajuste que permite a existência e a perpetuação das diferentes espécies sobre a Terra de forma a percebermos a complexidade da vida como algo além de um evento casual que surgiu no passado seguindo meramente leis químicas e físicas. Por outro lado, nas relações entre as espécies e interespecíficas, na necessidade da morte, nas extinções, catástrofes e desastres percebemos um mundo imperfeito em relação a um ideal de harmonia e bem-estar.

Para os que acreditam em um plano original para a vida neste planeta, há a perspectiva de que houve um desvio deste plano e a vida segue agora um caminho alternativo. Apesar deste caminho alternativo não permitir que se concebam em detalhes os desdobramentos desse plano, podem-se ainda seguir suas pistas no ambiente que nos cerca e em suas interações.

Pretendemos aqui dar uma visão panorâmica destas relações e das propostas vigentes para o surgimento da vida em um ambiente primitivo seguindo as leis da Química e da Física. Embora possamos utilizar argumentos racionais para perceber as evidências de um plano original, não possuímos evidências científicas e sim filosóficas. No caso dos modelos vigentes para origem da vida, apesar dos muitos experimentos, simulações e especulações que têm sido realizados por cientistas tentando recriar o ambiente primitivo para a origem da vida, tudo o que

temos ainda são argumentos de ordem filosófica. Nada disto é ciência porque ciência é um método e não possui crenças ou preconceitos, nem pertence a um grupo de pessoas, mas está ao alcance de quem souber utilizá-lo.

2. O Meio Ambiente e a Interdependência

Segundo a definição do glossário do site do IBAMA, meio ambiente compreende o “conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas”. (<http://www.ibama.gov.br/siucweb/guiadechefe/guia/z-1corpo.htm>)

2.1. Interações abióticas.

Fatores como água, solo, ar, luz e clima compõem os fatores abióticos (não vivos) no meio ambiente. Fatores bióticos compreendem os seres vivos em geral.

Os fatores abióticos interagem na natureza compondo o ambiente físico e químico do planeta. Os movimentos de translação e rotação da Terra determinam, entre outras coisas, as estações do ano e os períodos de dia e noite. A interação de fatores físicos como luz solar, gravidade, movimentos e inclinação do eixo terrestre com fatores químicos como concentração de substâncias e pH determinam o clima no planeta.

2.2. Interações entre Fatores Bióticos e Abióticos

Ciclos Biogeoquímicos

Processos naturais reciclam elementos essenciais para os seres vivos. Através desses processos, esses elementos passam do ambiente para os seres vivos e destes retornam para o ambiente. Nestes ciclos biogeoquímicos, elementos e substâncias essenciais à vida, como carbono, oxigênio, nitrogênio e água, passam por modificações físicas, químicas e biológicas mantendo o equilíbrio entre os seres vivos e não vivos.

Clima e Reprodução

A interdependência entre seres vivos e clima é um fato bem estabelecido. A temperatura afeta os processos em seres vivos e é afetada por estes. Existem estudos sobre a influência da temperatura na reprodução de animais domésticos como touros e vacas, cabras e ovelhas [2]. Altas temperaturas diminuem a reprodução destes animais, afetando espermatozoides, sobrevivência de embriões e cio nas fêmeas. Em outras espécies de animais, como o caramujo africano, temperaturas altas são favoráveis a sua reprodução tornando-o praga no Brasil onde a alimentação é mais abundante [3]. Florestas podem atenuar efeitos como o estufa produzidos por gases como o CO₂ proveniente da queima de combustíveis, mas as florestas também são afetadas pelo aquecimento global [4] [5].

Adaptações

Os seres vivos estão, geralmente, bem adaptados ao seu ambiente seja em sua anatomia, fisiologia ou modo de vida. Muitos animais possuem características que os tornam menos visíveis em seu ambiente. Podem possuir, por exemplo, uma coloração que os confunde com seu substrato e os camufla e protege de predadores. Plantas que vivem em ambientes desérticos, como as plantas da caatinga, possuem adaptações ao clima, tais como folhas transformadas em espinhos, cutículas altamente impermeáveis e caules suculentos. Adaptações importantes para a vida das plantas nas caatingas são a queda de folhas na estação seca e a presença de sistemas de raízes bem desenvolvidos. A perda das folhas é uma adaptação para reduzir a perda de água por transpiração e raízes bem desenvolvidas aumentam a capacidade de obter água do solo [6]. O rato canguru, que vive no deserto, possui diversas adaptações morfológicas, fisiológicas e de hábitos a esse ambiente, tais como ausência de glândulas sudoríparas na maior parte da pele, hábitos noturnos, produção de urina concentrada e fezes desidratadas [7].

Estas adaptações se encaixam bem no modelo evolutivo e também no modelo criacionista, em que podem ser vistas como parte de um plano original que permite às formas de vida se ajustarem a diferentes condições ambientais. Contudo, o modelo criacionista não exclui os mecanismos de evolução e sim a origem da vida e das espécies através de evolução química das moléculas e de um ancestral comum.

2.3. Interações entre os Seres Vivos (fatores bióticos)

Nas interações entre os seres vivos, estão envolvidos aspectos como alimento, abrigo e transporte, que são importantes para a sobrevivência e a reprodução das espécies.

As plantas e as algas (e algumas bactérias) são seres *autótrofos*, pois utilizando a luz solar, água e substâncias inorgânicas elas produzem matéria orgânica que serve de alimento para si e para outros seres vivos.

Os seres vivos mantêm relações alimentares entre si. Os autótrofos são os **produtores**. Os *heterótrofos*, que não podem produzir alimento e que dependem de outros seres vivos para se alimentar, são os **consumidores**. Estes podem ser primários (herbívoros), secundários (alimentam-se de herbívoros), terciários e quaternários.

Os **decompositores** (fungos e bactérias) degradam os restos de plantas e animais (matéria orgânica) e os convertem em matéria inorgânica devolvendo-os ao ambiente para serem utilizados pelas plantas.

Uma sequência em que um organismo serve de alimento para outro, começando com o produtor e chegando ao decompositor, é uma **cadeia alimentar**. Uma **teia alimentar** apresenta uma rede de relações alimentares. Por exemplo, uma espécie de planta serve de alimento para diferentes herbívoros que podem servir

de alimento para diferentes carnívoros os quais, por sua vez, podem alimentar-se de vários tipos de animais e serem alimento para outros.

Os seres vivos podem manter diferentes tipo de relações entre si, que podem ser entre indivíduos da mesma espécie (intraespecíficas) ou entre indivíduos de espécies diferentes (interespecíficas). Estas relações podem ser harmônicas ou desarmônicas. Em uma relação harmônica, pelo menos um dos envolvidos se beneficia sem que nenhum seja prejudicado. Em uma relação desarmônica um dos envolvidos é prejudicado.

Como exemplos de relações intraespecíficas harmônicas temos as colônias (corais, esponjas) e as sociedades (formigas, abelhas). Em relações intraespecíficas desarmônicas temos, por exemplo, casos de competição por alimento e espaço e casos de canibalismo (aranhas, escorpiões). Podemos encontrar muitos casos de relações harmônicas e desarmônicas entre espécies diferentes. No primeiro caso, temos, por exemplo, o comensalismo, o inquilinismo, o mutualismo e a protocooperação, em que uma espécie utiliza a outra para obter alimento, abrigo; é o caso dos dois primeiros exemplos. Ou ambas se beneficiam com a associação mútua, como é o caso dos dois últimos exemplos. Em relações interespecíficas desarmônicas, encontramos o amensalismo (em que uma espécie bloqueia o desenvolvimento de outra através da liberação de substância tóxica), o predatismo, a competição e o parasitismo, por exemplo.

3. Origem da Vida

Percebemos que os seres vivos e o ambiente físico e químico em nosso mundo possuem relações complexas e muito bem ajustadas de forma que uma alteração em algum componente, tal como a proporção de gás carbônico, entre outros, na atmosfera, pode produzir efeitos como o estufa e acelerar mudanças climáticas as quais, por sua vez, podem ter um “efeito dominó” sobre todas as relações no planeta.

Apesar da complexidade, adaptabilidade e eficiência das relações ecológicas, podemos notar falhas no padrão seguido pela natureza em termos de harmonia e bem-estar. E isto partindo de um senso comum de ética e justiça. É o caso das relações entre parasitas e hospedeiros, predadores e presas e dos desastres naturais ou provocados pela interferência humana, para citar alguns exemplos. Muitas coisas em nosso mundo são cruéis e injustas e causam o sofrimento e morte de seres vivos.

Em vista disto, muitas pessoas crêem que a vida em nosso planeta não segue qualquer plano e nem tem um Planejador. Existem leis físicas e químicas no universo e a vida teria surgido de forma espontânea como consequência da operação destas leis. A maioria dos cientistas atuais crê desta forma. Foram e são realizadas diversas pesquisas e simulações sobre a origem da vida de forma espontânea.

Ao falar em origem da vida de forma espontânea, referimo-nos à hipótese de que a vida surgiu sem intervenção sobrenatural através da interação espontânea de moléculas seguindo as leis da química e da física, de acordo com Orgel (1997) [8].

3.1. Ambiente e Origem da Vida de Forma Espontânea

No início do século XIX muitos ainda acreditavam na geração espontânea da vida, segundo a qual seres vivos podem surgir de matéria inanimada, como camundongos a partir de roupas sujas e trigo, por exemplo. Na década de 1860, Louis Pasteur, através de seus experimentos com caldo nutritivo em balões de vidro do tipo “pescoço de cisne” demonstrou o princípio de que vida provém de vida.

Ainda assim, a idéia de que estes experimentos não demonstraram que a vida não poderia surgir espontaneamente em outras circunstâncias não foi descartada. Em 1924, Oparin publicou seu livro *The Origin of Life*. Ele propôs que “a vida começou por meio de sucessiva acumulação de cada vez mais complicadas populações moleculares dentro de gotículas de um coacervado” [9].

Segundo Dyson, para Oparin, a ordem dos eventos na origem da vida teria sido com células se formando primeiro (coacervados), depois enzimas e, em terceiro lugar, genes [9].

Em 1953, Miller realizou um experimento que visava testar as idéias de Oparin e Haldane sobre a origem da vida. Ele simulou a atmosfera primitiva, bastante redutora, com hidrogênio e presença de metano, amônia e vapor de água, os quais, passando através de descargas elétricas, produziam aminoácidos. Estes aminoácidos tinham de ser retirados do ambiente em que eram produzidos para que não fossem degradados pela mesma fonte que os produzia.

Atualmente não se acredita mais que a atmosfera fosse redutora na Terra primitiva, mas neutra. Acreditava-se em uma atmosfera redutora devido à observação de radioastrônomos de que nossa galáxia é densamente povoada por nuvens moleculares contendo grandes quantidades de hidrogênio, água, amônia, monóxido de carbono, metanol, ácido cianídrico e outras moléculas redutoras. Surgiram evidências de que, se a atmosfera já houvesse sido redutora, ela teria desaparecido por ocasião do bombardeamento da Terra por meteoritos há cerca de 3,8 eons. Uma das evidências seria a de rochas sedimentares datadas de 3,8 eons, compostas de carbonatos e formas oxidadas de ferro que não poderiam se formar sob condições redutoras. Outra evidência seria a raridade de gases inertes como néon na atual atmosfera da Terra. O néon é um elemento muito abundante no universo e em nuvens como a que teria formado a Terra.

Se a Terra tivesse tido uma atmosfera redutora, quando ela se tornou neutra ou oxidante por ocasião do aparecimento do oxigênio, o néon teria permanecido e seria tão abundante quanto o nitrogênio.

A “teoria” de Oparin para a origem da vida foi popular entre os cientistas por cerca de meio século, conforme Dyson, “não porque houvesse qualquer evidência para apoiá-la, mas, antes, porque ela parecia ser a única alternativa para o criacionismo bíblico” [9].

Existem hoje, basicamente, duas hipóteses para a origem da vida através da evolução química das moléculas: origem através da replicação e origem metabólica.

O ambiente em que a vida teria surgido, na hipótese da replicação, seria o que se chama de *ambiente pré-biótico*. Este seria um ambiente anterior à vida, no qual as condições em nosso planeta, supõe-se, seriam semelhantes às criadas em laboratório para a formação de substâncias orgânicas com descargas elétricas, como no experimento de Miller, ou as estimadas pelos achados de meteoritos que continham aminoácidos.

Um problema que tem sido incômodo para as hipóteses sobre a origem da vida de forma espontânea, tem sido o fato de que, desde 1972, observações de Sagan e Mullen de que a luminosidade do Sol, há cerca de 4 bilhões de anos, quando a vida supostamente teria surgido, era cerca de 75% do que é hoje. Isto resultaria em temperaturas congelantes na superfície da Terra. Tentativas têm sido feitas para solucionar o que parece ser um paradoxo. Mais recentemente têm-se sugerido que na época, devido a uma maior atividade solar, a atmosfera da Terra estaria mais protegida contra raios cósmicos e isto resultaria em menos nuvens e aerossóis na parte mais baixa da atmosfera e em uma maior temperatura na superfície do planeta [10]. O que se tem observado é que em algumas regiões da Terra mais nuvens causam um efeito estufa e aquecimento da superfície. Por outro lado, menos nuvens resultariam em uma menor retenção do calor na superfície, pois este escaparia para o espaço. Em vista disto, fica a dúvida se esse modelo para resolver o problema das temperaturas congelantes na superfície da Terra realmente funciona como se pretende.

3.1.2. Origem através da Replicação

Até o final da década de 1960, os pesquisadores da origem da vida através da evolução química das moléculas se deparavam com o dilema: quem surgiu primeiro, proteínas ou ácidos nucleicos? — isto porque proteínas dependem de ácidos nucleicos (DNA e RNA) para sua formação e ácidos nucleicos dependem da ação de proteínas enzimáticas para serem sintetizados e exercerem suas funções.

Ainda na década de 1960, Carl Woese, Francis Crick e Leslie Orgel propuseram que a molécula de RNA, além de sua função informacional, poderia exercer uma função catalítica (como proteínas enzimáticas) [11].

Na década de 1970, Harold White III defendia a idéia de uma vida primitiva baseada em RNA [12].

Durante a década de 1980, Thomas R. Cech e Sidney Altman, trabalhando independentemente, descobriram que a molécula de RNA podia dobrar-se de formas complexas e catalizar reações bioquímicas, o que antes se acreditava ser função unicamente de proteínas enzimáticas. Estas moléculas passaram a ser chamadas de ribozimas [13].

O dilema de quem surgiu primeiro parecia prestes a ser solucionado: já que a molécula de RNA é semelhante à de DNA e também pode exercer função enzimática, ela poderia ter sido a primeira molécula decodificadora da vida a existir. Mais tarde, ela teria dado lugar a um mundo de DNA e proteínas como o que conhecemos hoje.

“Os aspectos atrativos do Mundo de RNA incentivaram Gerald Joyce do Scripps Research Institute e Leslie Orgel do Salk Institute a retratá-lo como ‘o sonho do biólogo molecular’ em um volume devotado a este tópico. Eles também usaram o termo ‘o pesadelo do químico prebiótico’ para descrever outra parte do quadro: Como este primeiro RNA auto-replicante surgiu? Enormes obstáculos bloqueiam o quadro de Gilbert da origem da vida, o suficiente para levar outro ganhador do prêmio Nobel, Christian De Duve da Rockefeller University, a perguntar retoricamente: ‘Deus fez o RNA?’” [14]

As dificuldades encontradas para a síntese de moléculas de RNA em condições pré-bióticas são descritas por Robert Sahapiro (2007) [14].

- Os blocos construtores de RNA, os nucleotídeos, são moléculas orgânicas complexas que contêm um açúcar, um fosfato e uma de quatro bases nitrogenadas. Cada nucleotídeo contém 9 ou 10 átomos de carbono, numerosos átomos de nitrogênio e oxigênio e o grupo fosfato conectados em preciso padrão tridimensional. Existem muitas combinações possíveis para estas conexões podendo produzir milhares de nucleotídeos plausíveis que se uniriam no lugar dos que são padrão mas que não estão representados no RNA. Este número é pequeno em comparação com as centenas de milhares ou milhões de moléculas orgânicas estáveis do mesmo tamanho que não são nucleotídeos.
- Alguns cientistas, em um tipo de vitalismo molecular, acreditam que a natureza tem uma tendência inata para produzir preferencialmente os blocos construtores da vida ao invés de outras moléculas também derivadas das regras da química orgânica. Esta idéia se inspirou no experimento de Miller de produção de aminoácidos e na descoberta de mais de 80 tipos diferentes de aminoácidos no meteorito Murchison que caiu na Austrália em 1969. Extrapolando a partir destes resultados, alguns presumem que todos os blocos da vida podem ser formados com experimentos como o de Miller e estariam presentes em meteoritos e outros corpos extraterrestres.
- Os resultados de trabalhos com meteoritos levaram os cientistas a uma diferente conclusão: a natureza tem uma propensão a formar moléculas com poucos átomos de carbono. Quando moléculas com mais carbonos são

produzidas, elas tendem a ser insolúveis e pobres em hidrogênio. Padrões similares ocorrem nos resultados de experimentos com descarga elétrica.

- Os aminoácidos produzidos e encontrados nestes experimentos são muito menos complexos do que nucleotídeos. Os mais simples dos vinte que são blocos para a vida possuem apenas dois carbonos. Dezesete dos vinte possuem seis carbonos ou menos. Os aminoácidos e outras substâncias produzidas no experimento de Miller continham dois ou três carbonos. Nenhum nucleotídeo ou nucleosídeo já foi produzido em experimentos com descarga elétrica ou encontrado em meteoritos.

- Para resgatar o conceito de RNA primeiro (na origem da vida), seus defensores criaram uma disciplina chamada síntese pré-biótica. Eles tentaram mostrar que RNA e seus componentes podem ser criados em laboratório em uma sequência de reações cuidadosamente controladas, realizadas em água a temperaturas observadas na Terra. Tal sequência inicia com compostos de carbono que tenham sido produzidos em experimentos com descarga elétrica ou encontrados em meteoritos. Substâncias orgânicas de uma das fontes acima, em qualquer quantidade e mesmo como parte de uma mistura complexa, são classificadas como pré-bióticas e podem então ser usadas de forma pura, em qualquer quantidade, em outra reação pré-biótica. Os produtos desta reação também são considerados prebióticos e utilizados no próximo passo da sequência.

- Sequências de reações deste tipo fazem parte da prática do campo tradicional da química orgânica sintética em que podem ser utilizados quilogramas de material inicial para se obter miligramas do produto. Isto demonstra que seres humanos podem produzir substâncias encontradas na natureza ainda que ineficientemente. Infelizmente, nem químicos nem laboratórios estavam presentes na Terra primitiva para produzirem RNA.

- Um exemplo de síntese pré-biótica apareceu publicado na *Nature* em 1995 e divulgado pelo *New York Times*. A base citosina do RNA foi preparada aquecendo-se a 100°C duas substâncias em um tubo de vidro selado por cerca de um dia. Um dos reagentes, cianoacetaldeído, é uma substância reativa capaz de se combinar com outras substâncias comuns que podem ter estado presentes na Terra primitiva. Estes competidores foram excluídos. Uma concentração extremamente alta foi necessária para induzir o outro reagente, uréia, a reagir em uma taxa suficiente para a reação ter sucesso. O produto, citosina, podia se autodestruir por simples reação com a água. Quando a concentração de uréia era diminuída ou se permitia que a reação prosseguisse por mais tempo, qualquer citosina produzida era subsequentemente destruída. Nossas células lidam com isto mantendo um grupo de enzimas especializadas em reparo do DNA.

- A excepcionalmente alta concentração de uréia na natureza foi racionalizada invocando-se uma visão de lagoa seca na Terra primitiva. Shapiro calculou que uma grande lagoa teria de evaporar até o tamanho de uma poça sem perda de seu conteúdo para chegar a esta concentração. “Não existe algo assim na Terra hoje.”

- A alegação da lagoa seca não é única. Em um espírito semelhante, outros químicos prebióticos têm invocado lagos glaciais congelados, reservatórios de água fresca em flancos de montanha, correntes fluindo, praias, desertos secos,

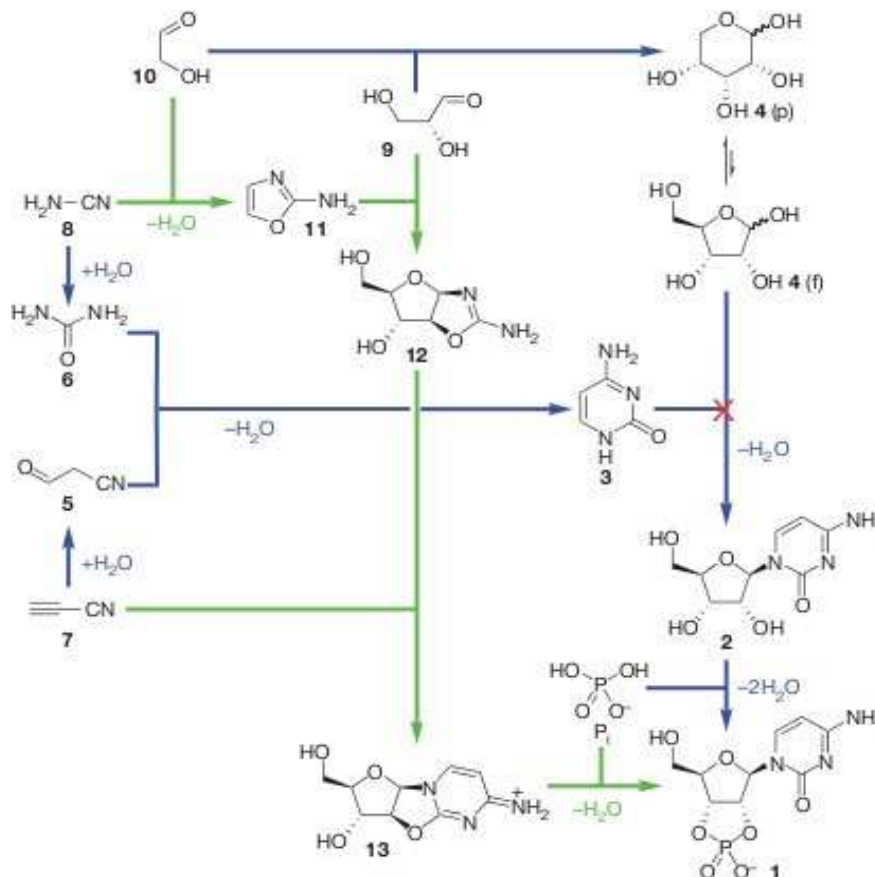
aquíferos vulcânicos e o oceano global inteiro (congelados ou aquecidos quando necessário) para apoiar seu requisito de que a “sopa de nucleotídeos” necessária para a síntese de RNA teria existido na Terra primitiva.

- Devido a estas dificuldades, muitos químicos fogem da hipótese do RNA primeiro. Outros, entretanto, optaram por uma saída que leva a azares semelhantes. Nestas teorias revisadas, um replicador mais simples surgiu primeiro e governou a vida em um “mundo pré-RNA”.
- Foram propostas variações em que as bases, o açúcar ou toda a espinha dorsal do RNA foram substituídos por substâncias mais simples, mais acessíveis à química pré-biótica. Presume-se que este primeiro replicador também tivesse as capacidades catalíticas do RNA. Como não existe qualquer traço deste primitivo replicador na biologia moderna, o RNA deve ter assumido todas as suas funções em algum ponto posterior a sua emergência.
- O aparecimento espontâneo de tal replicador sem o auxílio de um químico enfrenta implausibilidades que tornam diminutas as envolvidas na preparação de uma mera sopa de nucleotídeos. Presumindo-se que uma sopa enriquecida com os blocos construtores de todos estes replicadores se tivesse reunido, sob condições favoráveis a sua formação em cadeias, aglomerados de blocos defeituosos presentes poderiam arruinar a habilidade da cadeia de agir como um replicador. A mais simples unidade falha seria um terminador, um componente que teria apenas um “braço” disponível para conexão ao invés de dois para apoiar o crescimento da cadeia.
- Não existe qualquer motivo para imaginar que uma natureza indiferente não combinaria unidades ao acaso, produzindo uma imensa variedade de curtos híbridos, cadeias terminadas, ao invés de uma muito mais longa com uma geometria de espinha dorsal uniforme necessária para manter as funções de replicação e catalíticas.

Em maio de 2009, foi publicado na revista *Nature* um artigo relatando experimentos realizados por Powner e colaboradores que demonstram uma outra rota não convencional para a formação de nucleotídeos de pirimidina (citosina, uracila) em condições pré-bióticas [15]. Embora periódicos tenham divulgado estes experimentos como algo que torna a hipótese da origem da vida através da molécula de RNA muito mais provável, estes experimentos apresentam vários dos mesmos vieses mencionados por Shapiro. Por exemplo, no artigo publicado na *Nature*, um dos passos envolvidos na síntese de pirimidina requer condições fortemente alcalinas, mas o próximo passo exige condições de pH neutro. Este problema teve de ser contornado com a utilização de um catalisador que pudesse atuar em condições neutras. Produtos competindo com aqueles desejados também são um problema que frequentemente aparece.

As condições necessárias para o surgimento da vida em um meio ambiente pré-biótico acabam por requerer condições extremas para que todas as reações possam ocorrer de forma aceitável. Segundo o exemplo do artigo acima citado, para contornar as produções temporalmente separadas de duas substâncias

requeridas na síntese de pirimidina (glicolaldeído e gliceraldeído, 10 e 9 respectivamente na figura abaixo), os autores tiveram de pressupor que “uma variedade de situações poderiam ter surgido que resultariam nas condições de aquecimento e progressiva desidratação seguida por resfriamento, reidratação e irradiação ultravioleta”.



Opções de montagem de ribonucleotídeo de pirimidina. Síntese de β -ribocitidina 2',3'-ciclofosfato **1** como se supunha anteriormente (em azul, note a falha do passo em que citosina **3** e ribose **4** devem se condensar) e a nova síntese bem-sucedida (em verde). p, piranose; f, furanose.

Fonte: *Synthesis of activated pyrimidine ribonucleotides in prebiotically plausible conditions*. Nature, vol. 459, 14 de maio de 2009.

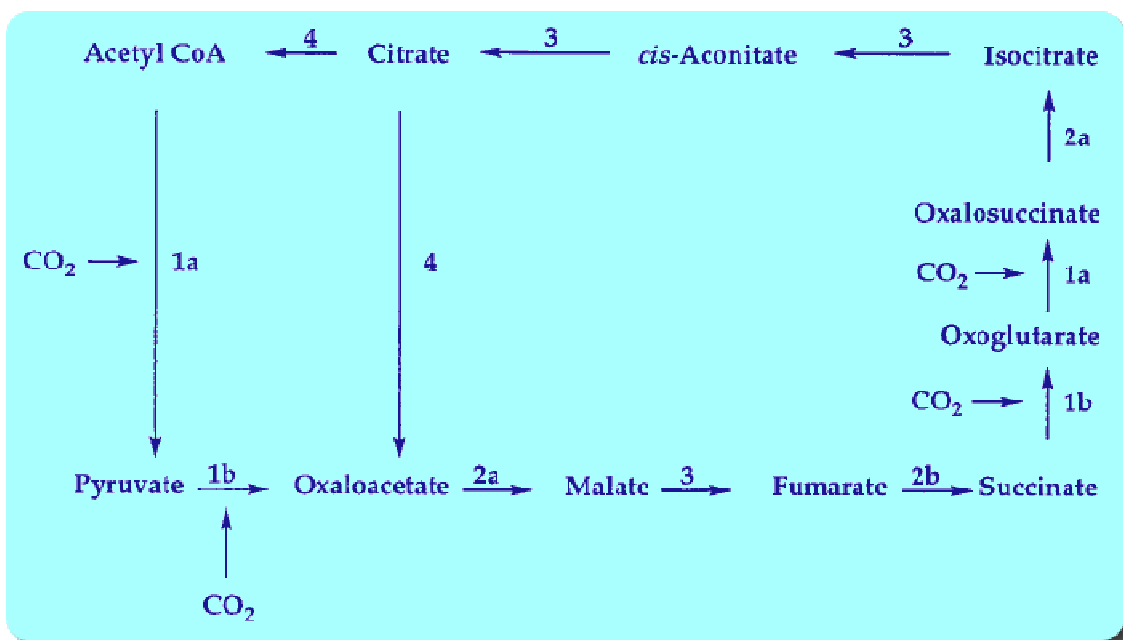
Outro artigo recente sobre experimentos com auto-replicação de enzimas de RNA foi publicado na revista *Science* de fevereiro de 2009 [16]. Realmente se conseguiu um crescimento exponencial dessas enzimas, mas praticamente cada detalhe teve interferência inteligente dos pesquisadores para que, finalmente, depois de inúmeras tentativas fracassadas, o experimento funcionasse e, mesmo assim, de forma supervisionada.

3.1.3. Origem através de Metabolismo

Como alternativa para a hipótese de que a vida teve origem com moléculas complexas como proteínas, DNA, RNA ou outras semelhantes, alguns cientistas optaram pela hipótese de que a vida teria tido início por meio de pequenas moléculas produzidas mais facilmente na natureza.

Robert Shapiro, professor de química e cientista pesquisador sênior na New York University, é um destes. Segundo ele, este grupo de teorias utiliza uma definição de vida termodinâmica ao invés de genética, de acordo com a estabelecida por Carl Sagan na Enciclopédia Britânica: “Uma região localizada que aumenta em ordem (diminui em entropia) através de ciclos dirigidos por um fluxo de energia seria considerada viva.” [14] Esta abordagem das moléculas pequenas tem por base as ideias do biólogo soviético Alexander Oparin. Alguns dos nomes por trás destas teorias são: Freeman Dyson, Christian De Duve, Stuart Kauffman, Doron Lancet, Harold Morowitz e Günter Wächtershäuser.

Orgel (2000), examinando a plausibilidade de teorias que postulam organização química complexa a partir de ciclos metabólicos de moléculas pequenas, sem a participação de replicação por polímeros genéticos como RNA, chegou a algumas conclusões. Como exemplo deste tipo de organização, ele analisa um ciclo proposto por Wächtershäuser que aconteceria na superfície de minerais de sulfeto de ferro, o reverso do ciclo do ácido cítrico [17].



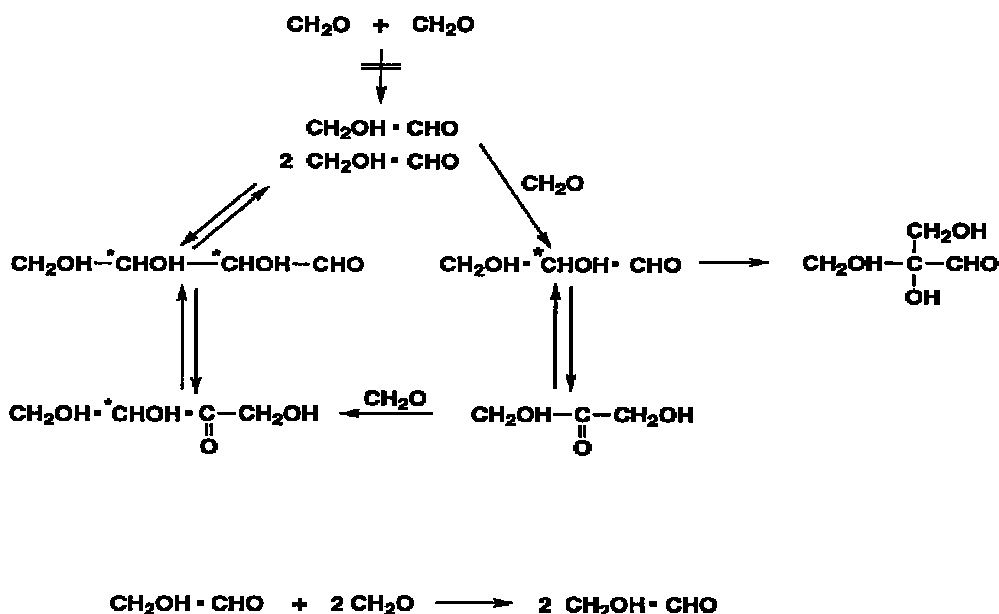
Ciclo do Ácido Cítrico Reverso.

Fonte: *Self-organizing biochemical cycles*. PNAS, vol. 97, n. 23, 2000.

Incluimos aqui as observações sobre este ciclo em particular porque, em essência, elas são genéricas o suficiente para se aplicarem a outros ciclos metabólicos que poderiam ser propostos. Orgel conclui que:

- É necessária muita habilidade sintética para desenvolver mesmo o mais simples dos ciclos. Haverá um longo tempo antes que os químicos orgânicos possam adaptar o ciclo do ácido cítrico redutor (reverso) a um sistema de reação “pote-único”.¹ A reação da formose, que seria o sistema químico mais próximo de um ciclo, em uma versão supersimplificada do mais simples dos ciclos possíveis, constituiria um ciclo metabólico autocatalítico simples se este ciclo pudesse ser realizado com eficiência suficiente para permitir crescimento exponencial. A substância de entrada seria formaldeído, os intermediários glicolaldeído, gliceraldeído, di-hidroxiacetona e tetroses. Olhar mais de perto esta supersimplificada versão do mais simples modelo da reação da formose revelará as formidáveis dificuldades que o desenvolvimento de um ciclo metabólico complexo, não enzimático, em solução aquosa enfrentará.

Um ciclo mais simples hipotético autocatalítico de reação da formose



Fonte: *Self-organizing biochemical cycles*. PNAS, vol. 97, n. 23, 2000.

- A reação da formose não ocorre em uma taxa apreciável sob condições neutras, e, mesmo em altos pHs, é ineficiente na ausência de um catalisador

1 A expressão “pote-único”, provavelmente, significa o ciclo inteiro em um único ambiente sob as mesmas condições.

como um íon metálico divalente. Cada passo de um ciclo proposto deve ocorrer a uma taxa razoável e isto dependerá da disponibilidade de um apropriado catalisador. Se uma das reações do ciclo não ocorre espontaneamente ou pela influência de um catalisador pré-biótico plausível, será necessária outra hipótese para manter a relevância do ciclo para a origem da vida. Se várias reações precisam de “ajuda”, medidas desesperadas serão necessárias.

- Uma possível hipótese salvadora para um ciclo metabólico não enzimático em solução aquosa seria a de que as moléculas carreadoras do ciclo seriam também os catalisadores para as reações difíceis (ciclo autocatalítico). Mas reações catalíticas deste tipo em solução aquosa são virtualmente desconhecidas. Não existe razão para crer, por exemplo, que qualquer intermediário do ciclo do ácido cítrico catalisaria qualquer reação do ciclo do ácido cítrico. O motivo disto é que interações não covalentes entre moléculas pequenas em solução aquosa são geralmente muito fracas para permitir acelerações catalíticas extensas e regioespecíficas².

- Postular uma reação catalisada ao acaso, por um íon metálico, pode ser razoável, mas um conjunto delas, é apelar para a mágica.

- Outro problema além do de reações que não ocorrem rápido o suficiente para tornar um ciclo prático seriam as reações alternativas possíveis que complicariam ou interromperiam o ciclo. Mesmo para um ciclo genérico simples não seria razoável postular a presença de suficientes catalisadores prebióticos estereoespecíficos³ que tornassem possível uma sequência particular de reações estereoespecíficas. Sem a ajuda de enzimas ou outros catalisadores “projetados” não relacionados aos substratos do ciclo, parece improvável que ciclos estereoespecíficos, mesmo os mais simples, pudessem existir.

- Uma hipótese proposta por Wächtershäuser — de ciclos não enzimáticos ocorrendo na superfície de minerais de sulfeto de ferro — poderia, se correta, vencer as dificuldades acima. A afirmação de que um ciclo completo se auto-organizaria e operaria autonomamente em uma superfície de FeS/FeS₂ é razoável? A escolha deste sistema de FeS/FeS₂ como suporte para etapas redutoras do ciclo do ácido cítrico é particularmente apropriada, mas não para o ciclo completo. Minerais catalisadores podem, algumas vezes, confinar as reações de um substrato adsorvido com elevada estereoespecificidade a um de vários caminhos que seriam seguidos na ausência do mineral. Entretanto, na ausência de apoio de evidências experimentais, não existe justificativa para a predição de que um mineral em particular catalizará um conjunto de reações muito diferentes. A situação não seria diferente se os participantes de um esquema de reações cíclicas complexas fossem sintetizados *in-situ* sobre uma superfície mineral. Se os produtos forem móveis na superfície, a situação é idêntica à de moléculas adsorvidas. Se eles não forem, deve-se postular uma série de notáveis coincidências para se concluir que todas as reações são catalisadas no mesmo

2 Regioespecificidade diz respeito à formação de apenas um dos possíveis produtos a serem formados em uma reação.

3 Catalisadores estereoespecíficos produzem somente um dos estereoisômeros possíveis. Estereoisômeros são isômeros espaciais, ou seja, moléculas com a mesma fórmula molecular e estrutural plana que se diferenciam nas fórmulas estruturais espaciais.

mineral e que cada produto intermediário é formado na posição e orientação corretas para se tornar o substrato da próxima reação regioespecífica do ciclo.

- Ainda que membros de um grupo de minerais pudesse cada um catalizar uma etapa de um ciclo complexo, não parece provável que o ciclo se auto-organizaria em suas superfícies. Qualquer grupo de minerais que incluísse catalisadores para cada etapa do ciclo, incluiria, provavelmente, catalisadores para reações que interromperiam o ciclo. Transporte eficiente dos intermediários de um mineral catalítico para outro também apresentaria sérios problemas. Quanta auto-organização pode-se esperar em uma superfície mineral na ausência de catalisadores informacionais evoluídos? Claramente, de uma superfície simples se poderia esperar que catalisasse uma série de reações do mesmo tipo, como uma série de reações aldol ou o reverso das reações aldol, do tipo das envolvidas na reação da formose, ou uma série de reduções como as envolvidas no ciclo do ácido cítrico redutor. Não é claro se qualquer superfície poderia catalisar duas ou mais reações químicas não relacionadas.

Orgel analisou o ciclo proposto por Wächtershäuser porque, como afirmou Shapiro, existem poucos trabalhos experimentais além dos que este pesquisador produziu. E o fato de ele não ter conseguido um ciclo completo faz todo o sentido em vista das conclusões de Orgel. Estas conclusões são na verdade bem genéricas e se aplicam a todos os ciclos deste tipo. Os problemas com catalisadores para todas as etapas ou autocatálise, reações alternativas que interromperiam o ciclo, etc., são problemas que os ciclos propostos para o surgimento da vida através do metabolismo enfrentariam em geral. Portanto, não é de admirar que existam poucos trabalhos experimentais deste tipo.

3.2. Origem da Vida de Forma Planejada

Os experimentos realizados em laboratório para demonstrar que a vida surgiu espontaneamente, ou seja, seguindo as leis físicas e químicas de interações entre as moléculas são, na verdade, experimentos planejados, muito bem controlados e dirigidos, como disse Robert Sahapiro [14].

Caso a origem da vida por meio de moléculas replicadoras ou através de um ciclo metabólico fosse reproduzida em laboratório, então teríamos uma evidência de design inteligente na natureza: a vida planejada por químicos ou biólogos moleculares.

Por outro lado, podemos encontrar pistas de um planejamento e de um Planejador da vida no ambiente natural e cultural que nos cerca?

A própria existência de leis físicas e químicas indicam uma organização difícil de ter surgido ao acaso. A Teoria do Big Bang, por exemplo, aponta para um início destas leis; elas não existiram desde sempre.

O que poderia estar fora deste início e que teria dado origem a ele? Que fosse tão organizado e pudesse dar origem a toda esta organização?

Com certeza estamos no terreno das suposições, das racionalizações, mas não o estão, por acaso, os químicos e biólogos da origem da vida em laboratório?

Temos evidências produzidas dentro de nossa cultura humana de um Planejador da vida?

Temos as Escrituras Sagradas com profecias cuja exatidão histórica é impressionante, como o surgimento dos impérios da antiguidade, as nações da Europa, a Revolução Francesa e o papel dos Estados Unidos no destino do mundo. Tudo isto foi profetizado com séculos de antecedência.

Também encontramos nas Escrituras a história da rebelião humana e o desvio do plano original, o que explica os problemas de injustiça e desarmonia no mundo. Mas as Escrituras também nos mostram a solução para estes problemas.

4. Conclusões

As relações entre todos os seres da natureza, regidas por leis físicas, químicas e biológicas, são complexas e bem ajustadas. Ainda assim, para muitas pessoas e a maioria dos cientistas atuais, tudo se originou de forma espontânea seguindo o curso destas leis. Para muitos, a existência de catástrofes, injustiça e crueldade é uma evidência da ausência de um Planejador da vida. O fato de que as Escrituras Sagradas apresentam uma resposta e solução coerentes e aceitáveis para estas questões é ignorado pela maioria.

Por outro lado, a dificuldade de se conseguir evidências cientificamente comprováveis para a origem da vida de forma espontânea, ou seja, de se comprovar a evolução química das moléculas como única alternativa para a origem da vida, aliada ao preconceito contra se analisar outras opções, denota que este assunto não tem sido tratado pela comunidade científica com a necessária isenção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SILVA, J.A.F. Natureza, ecologia e meio ambiente. Uma reflexão sobre o impacto da “descoberta” da ecologia. *Sociedade e cultura*, Goiania, Brasil, v. 5, n. 002, p. 147-152, 2002.
- [2] FURTADO, G.D.; ARAÚJO FILHO, U. L. Influência da temperatura ambiente na reprodução animal. [Http://www.daneprairie.com](http://www.daneprairie.com), 16 02 2010.
- [3] DIÁRIO DO VALE. Clima favorece reprodução do caramujo africano. <http://www.diariodovale.com.br/noticias/0%2C12771.html>, 14 11 2009.
- [4] AFUBRA. A floresta e o ar. <http://www.sefloral.com.br/ea01071815.htm>, 16 02 2010.
- [5] GREENPEACE BRASIL. Cartilha clima. <Http://greenpeace.org.br/clima/pdf>, 16 02 2010.
- [6] AMBIENTE BRASIL Caatinga. <http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php?base=../snuc/index.html&conteudo=../snuc/nordeste/rppn/serralmas.html>, 16 02 2010.
- [7] WIKIPEDIA. Kangaroo rat. http://en.wikipedia.org/wiki/Kangaroo_rat, 16 02 2010.
- [8] ORGEL, L.E. The origin of life on Earth. <http://eddiating.com/eng/originoflife/orgel.html>, 24 04 1997.
- [9] DYSON, F. Origins of life. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1999/2000.
- [10] Karoff, C.; Svensmark, H.S. How did the Sun affect the climate when life evolved on the Earth? – A case study on the young solar twin $\kappa 1$ Ceti. <http://arxiv4.library.cornell.edu/pdf>, 31 03 2010.
- [11] FRANCISCO PROSDOCIMI SANTOS, C. S. D. C. Ribozimas. <http://www.icb.ufmg.br/prodabi/prodabi3/grupos/grupo1/ribozimas.htm>. 2000.
- [12] J.E. BARRICK, R. B. O poder dos riboswitches. *Scientific American Brasil*, São Paulo, v. 5, n. 57, p. 46–53, 2007.
- [13] CECH, T. R. Exploring the new rna world. <http://nobelprize.org/nobelprizes/chemistry/articles/cech/index.html>. 3 12 2004
- [14] SHAPIRO, R. A simpler origin for life. <http://www.sciam.com/article.cfm?id=a-simpler-origin-for-life>. 12 2 2007.

[15] POWNER, M.W.; GERLAND, B.; SUTHERLAND, J.D. Synthesis of activated pyrimidine ribonucleotides in prebiotically plausible conditions. *Nature, Londres*, v. 459, p. 239-242, 24 03 2009.

[16] LINCOLN, T.A.; JOYCE, G.F. Self-sustained Replication of an RNA Enzyme. *Science, USA*, v. 323, p. 1229-1232, 27 02 2009.

[17] ORGEL, L. E. Self-organizing biochemical cycles. *PNAS, USA*, v. 97, n. 23, p. 12503–12507, 11 2000.