



Origem da vida: um reexame crítico da retomada da Teoria Cosmozoica

Michelson dos Santos Borges¹; Eduardo Rueda Neto²

Como Citar:

BORGES, Michelson dos Santos; RUEDA NETO, Eduardo. Origem da vida: um reexame crítico da retomada da Teoria Cosmozoica. Revista Sociedade Científica, vol. 8, n. 1, p. 2583-2599, 2025. <https://doi.org/10.61411/rsc2025115318>

DOI: 10.61411/rsc2025115318

Área do conhecimento:

Ciências Biológicas

Sub-área:

Bioquímica; Biologia Geral

Palavras-chave:

Origens; Vida; Panspermia; Ajuste Fino.

Publicado: 1 de dezembro de 2025.

Resumo

A origem da vida continua sendo um tema enigmático e controverso. Estudos recentes têm questionado as hipóteses que sustentam a viabilidade de fatores abióticos para o surgimento, a manutenção e a evolução da vida no planeta, considerando os inúmeros fracassos nas simulações. Nesse contexto, observa-se a crescente retomada da Teoria Cosmozoica, ou Panspermia Cósmica, cujas propostas avaliam a possibilidade de que a vida tenha se originado em algum ponto do espaço e, posteriormente, precursores da vida, ou cosmozoários, tenham chegado à Terra em meteoros, asteroides e planetoides. O objetivo deste ensaio é analisar, por meio de revisão de literatura, o contexto pelo qual a Teoria Cosmozoica tem sido retomada, considerando a complexidade dos aspectos bioquímicos da vida e as dificuldades enfrentadas pelos pesquisadores na tentativa de compreender e explicar a origem abiótica da vida na Terra. A partir dessa análise, infere-se que a retomada da Teoria Cosmozoica evidencia a fragilidade dos modelos que sustentam a origem da vida exclusivamente por fatores abióticos.

Origin of life: a critical re-examination of the resurgence of Cosmozoic Theory

Abstract

The origin of life remains an enigmatic and controversial topic. Recent studies have questioned the hypotheses supporting the viability of abiotic factors for the emergence, maintenance, and evolution of life on Earth, considering the numerous failures in experimental simulations. In this context, there is a renewed interest in the Cosmozoic Theory, or Cosmic Panspermia, which proposes the possibility that life originated

¹Casa Publicadora Brasileira (CPB), Tatuí, SP, Brasil. Email: [✉](mailto:cpb@cpb.com.br)

²Centro Universitário Adventista de São Paulo (UNASP), Engenheiro Coelho, São Paulo, Brasil. Email: [✉](mailto:unasp@unasp.com.br)



elsewhere in space and that precursors of life, or cosmozoa, subsequently reached Earth on meteorites, asteroids, and planetoids. The aim of this essay is to analyze, through a literature review, the context in which the Cosmozoic Theory has been revisited, taking into account the complexity of the biochemical aspects of life and the challenges researchers face in attempting to understand and explain the abiotic origin of life on Earth. From this analysis, it can be inferred that the renewed attention to the Cosmozoic Theory highlights the weaknesses of models that rely solely on abiotic factors for the origin of life.

Keywords: Origins; Life; Panspermia; Fine-tuning.

1. Introdução

A origem da vida permanece como uma das questões mais desafiadoras e controversas da ciência contemporânea. Embora diversos modelos tenham sido propostos ao longo do tempo, as explicações baseadas na abiogênese enfrentam crescentes dificuldades diante dos avanços nas áreas da bioquímica, da biologia molecular e da química orgânica, que evidenciam a complexidade inerente aos sistemas vivos. Experimentos clássicos, como o de Miller-Urey, embora tenham representado um marco histórico, não conseguiram sustentar, em termos experimentais, a plausibilidade de uma atmosfera primitiva capaz de gerar moléculas orgânicas de modo espontâneo. Os resultados obtidos sob atmosferas menos redutoras são mais modestos, levantando questionamentos sobre sua eficiência como mecanismo dominante. Além disso, probabilidades estatísticas extremamente baixas para o surgimento de estruturas biológicas mínimas desafiam a concepção de que a vida poderia ter emergido exclusivamente a partir de fatores aleatórios.

Nesse cenário, o debate científico tem se ampliado para incluir hipóteses alternativas, como a Teoria Cosmozoica, ou Panspermia Cósmica, que busca explicar o fenômeno da vida em uma perspectiva mais abrangente e menos restrita às condições da



Terra primitiva. Entretanto, mesmo essa teoria tem se apresentado insatisfatória afinal, demandando uma explicação mais abrangente da realidade.

A partir de uma pesquisa de natureza bibliográfica, o presente ensaio busca identificar e analisar as razões que motivaram o recente fortalecimento da Teoria Cosmozoica ou Panspermia Cósmica (literalmente, “sementes em todo lugar; do grego *pan* = tudo, e *spermia* = semente) no contexto das teorias que procuram explicar o surgimento da vida no planeta Terra e a admissão (explícita ou não) de setores da academia acerca da inviabilidade da origem da vida a partir da ação e sucessão de fatores abióticos na superfície terrestre. Para tanto, foram formulados três questionamentos norteadores: (1) As hipóteses propostas para a origem abiótica da vida na Terra são sustentadas por pesquisas e trabalhos recentes? (2) Por que a Teoria Cosmozoica ou Panspermia Cósmica volta a ser considerada plausível para a explicação da origem da vida na Terra? (3) Paralelamente, que outras hipóteses têm sido apresentadas como caminhos viáveis?

Tais questões serão tratadas ao longo da discussão desenvolvida neste ensaio, o qual não pretende oferecer uma solução definitiva para a problemática apresentada, mas destacar a relevância de manter o debate aberto e interdisciplinar, diante de um dos maiores enigmas da ciência: a origem da vida.

2. Desenvolvimento e discussão

2.1. O enigma da vida e os limites da abiogênese

Apesar dos esforços para apresentar propostas plausíveis sobre a origem da vida, essa temática continua incerta e polêmica. Pesquisas recentes têm questionado as hipóteses que fundamentam a viabilidade de fatores abióticos para o surgimento, a manutenção e a evolução da vida no planeta, em virtude dos resultados desfavoráveis das simulações e do conhecimento das propriedades físicas e químicas das biomoléculas. Nesse sentido, verifica-se a relevância de analisar o contexto no qual a



Teoria Cosmozoica tem sido retomada, considerando a complexidade dos aspectos bioquímicos da vida.

Nos anos 1920, pesquisadores como Oparin e Haldane propuseram cenários para a origem abiótica da vida, ou seja, a origem da vida a partir de matéria não viva. Três décadas depois, Urey e Miller desenvolveram um experimento visando comprovar a hipótese de uma atmosfera primitiva capaz de gerar compostos precursores da vida [33.]. Apesar disso, em 2018, um artigo publicado na revista *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, assinado por 30 autores, trouxe a seguinte admissão: “Todos os experimentos de laboratório que tentaram simular tal evento [a transformação de um amontoado de monômeros biológicos em uma célula viva] até agora levaram a deprimentes fracassos” [27.].

Antes dos anos 1970, Harold Morowitz já havia calculado que a probabilidade de o menor organismo vivo (micoplasma) surgir ao acaso é de apenas uma entre $10^{5.000.000.000}$, ou seja, uma chance em 1 seguido de cinco bilhões de zeros (cada zero aumenta a improbabilidade dez vezes) [22.].

Outro pesquisador que se dedicou ao cálculo probabilístico sobre a origem abiótica da vida foi o astrônomo e matemático Fred Hoyle. Ele ficou conhecido no meio científico por sua contribuição à teoria da nucleossíntese estelar e chegou a comparar a origem abiótica da vida na Terra ao surgimento de um Boeing 747 a partir de materiais disponíveis em um lixo agitado por um tornado [26.]. Adicionalmente, Hoyle disse que “a probabilidade da formação espontânea da vida a partir de matéria inanimada é de 1 para outro número seguido por 40.000 zeros [...]. É vasto o suficiente para sepultar Darwin e toda a teoria da evolução” [16.]. A título de comparação, o número estimado de átomos do Universo é de 10^{80} , ou seja, o número 1 seguido de 80 zeros [26.].

Outras análises sugerem que essa improbabilidade estatística seja maior do que a prevista por Morowitz e Hoyle [2.,18.,4.]. Um fator a ser considerado nesse cenário estatístico, que aponta para uma improvável origem abiótica e espontânea da vida, está



na compreensão do significado do que sejam a vida e suas complexas estruturas bioquímicas.

De acordo com Richard Dawkins, a informação contida no núcleo de uma ameba é maior do que os trinta volumes combinados da Enciclopédia Britânica, enfatizando que esse micro-organismo inteiro possui o equivalente a quatro mil conjuntos completos da referida enciclopédia [8.]. Os autores do clássico livro *Biologia Molecular da Célula* iniciam o capítulo 1 (“Introdução à célula”) destacando, também, a complexidade da vida, comparando os organismos a “fábricas químicas” capazes de gerar cópias de si mesmas [1.]. Stein, por sua vez, ressalta o fato de que mesmo os organismos mais simples contêm centenas de genes, proteínas e biomoléculas complexas, envolvidos por membranas altamente desenvolvidas. E afirma: “Uma célula viva é uma obra de engenharia, regularidade e utilidade no mais alto grau de perfeição e complexidade” [28.].

Essas descrições reforçam a noção de que a vida, mesmo em suas formas mais elementares, manifesta um grau de organização e precisão que desafia explicações puramente acidentais ou espontâneas.

2.2. Impasses bioquímicos e a intervenção necessária

Com o avanço das pesquisas nas áreas da química e da biologia molecular, novas evidências têm revelado a complexidade dos processos necessários para a formação das primeiras moléculas orgânicas. Esses avanços, em vez de esclarecerem o problema da origem da vida, têm ampliado as dificuldades enfrentadas pela hipótese abiogênica. Nesse sentido, pesquisadores como Canavelli vêm apontando obstáculos específicos que tornam a tese da origem abiogênica da vida cada vez mais problemática:

Atualmente não existe um método químico para obter a ligação do α -peptídeo na água que tolere todos os 20 aminoácidos proteinogênicos no local de ligação do peptídeo. O código genético universal [hoje sabe-se que não o é] estabelece que o papel biológico dos peptídeos é anterior ao último ancestral comum universal da vida e que os peptídeos desempenham um papel essencial nas origens da vida. [5.]



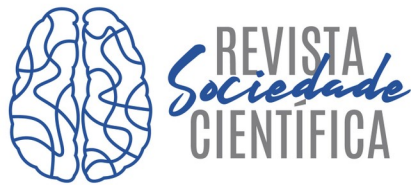
Quando alguns pesquisadores tentam superar essa dificuldade, o esforço despendido (ou seja, o grau de interferência humana inteligente) é tão grande que o número de páginas empregado para descrever o passo a passo é muito maior que o total requerido na redação do artigo resultante em si. Richert chama atenção para isso:

Experimentalistas no campo da química prebiótica se esforçam para reencenar o que pode ter acontecido quando a vida surgiu de material inanimado. Vale a pena relatar a frequência com que a intervenção humana foi necessária para obter um resultado específico em seus estudos. [...] É compreensível que isso tenha atraído a ira daqueles que acham que nenhuma ou apenas uma intervenção mínima é permitida para que um processo seja chamado prebioticamente plausível. Afinal, não é fácil ver o que substituiu frascos, pipetas e barras de agitação de um laboratório de química durante a evolução prebiótica, sem falar nas mãos do químico que realizou as manipulações. (E, sim, a maioria de nós não se sente à vontade com a ideia de intervenção divina nesse contexto.). [23.]

Essas constatações mostram que, quanto mais os experimentos buscam simular condições pré-bióticas, mais evidente se torna a necessidade de agentes externos para conduzir os processos, o que coloca em dúvida a viabilidade de uma origem puramente espontânea da vida³.

2.3. A retomada da Teoria Cosmozoica e a limitação da ciência

³Existem pesquisas intermediárias entre os experimentos clássicos de “síntese prebiótica” (como o de Miller-Urey, de 1953) e as tentativas mais modernas de montar sistemas protocelulares. Contudo, é importante observar que essas descobertas não constituem “comprovações” de uma origem espontânea da vida, mas apenas avanços parciais em condições controladas e altamente dirigidas por pesquisadores humanos. Após Miller-Urey, vários cientistas (como Joan Oró, 1961) conseguiram produzir aminoácidos, açúcares e bases nitrogenadas sob condições controladas. Porém, esses produtos surgem misturados a subprodutos destrutivos, e a formação espontânea de polímeros funcionais (como proteínas ou RNA) nunca foi observada sem intervenção direcionada. Experimentos de Gerald Joyce, Jack Szostak e colegas (décadas de 1980-2020) buscaram demonstrar moléculas de RNA autorreplicantes. Alguns fragmentos de ribozimas mostraram atividade catalítica limitada, mas nenhum sistema capaz de replicar-se integralmente sem ajuda laboratorial foi obtido. Além disso, a síntese natural dos nucleotídeos (componentes do RNA) permanece um grande desafio químico. Pesquisadores como Pier Luigi Luisi e David Deamer criaram vesículas lipídicas auto-organizadas, semelhantes a membranas celulares primitivas. Contudo, esses sistemas precisam de ingredientes purificados e condições ajustadas — o que implica controle externo inteligente, não processos aleatórios. Tentativas de simular ambientes de fontes hidrotermais submarinas mostraram que alguns minerais podem catalisar reações simples, mas não há continuidade até moléculas biológicas funcionais. Em resumo: existem avanços pontuais e intermediários, mas nenhum elo experimental que estabeleça uma sequência plausível, contínua e autônoma entre química prebiótica e vida celular. Cada etapa exige condições cuidadosamente manipuladas, reagentes purificados e escolhas experimentais intencionais, o que torna ainda mais evidente a observação de que a origem da vida envolve informação e direção, não mera casualidade.



Se os modelos mais plausíveis de síntese prebiótica se mostram desafiadores, isso reforça a necessidade de investigar hipóteses alternativas — inclusive, mas não exclusivamente, a cosmozoica [18.,20.]. Conscientes dessas dificuldades, alguns cientistas têm proposto o retorno da Teoria Cosmozoica, ou Panspermia Cósmica, apresentada pela primeira vez por Anaxágoras, no quinto século a.C., e colocada novamente em evidência em 1879 pelos trabalhos de Hermann von Helmholtz e William Thomson, que defendiam a possibilidade de meteoros servirem de transporte para formas de vida supostamente presentes no espaço sideral.

Artigos recentes sobre a hipótese de vida extraterrestre (cosmozoários)⁴ mencionam — pelo menos heurísticamente — organismos extremófilos (que vivem em ambientes com condições consideradas adversas às formas de vida mais comuns do planeta) como possibilidade de existência de vida em condições não tão adequadas quanto às da maioria dos habitats da Terra [10.]. Ocorre que esses organismos já existem e podem ser formas adaptadas às condições extremas em que vivem. Portanto, também não se enquadram como elemento de comparação para a origem abiótica da vida em qualquer lugar, já que ainda estariam presentes problemas como a origem da informação complexa e específica [20.], a questionada existência do chamado “mundo RNA” [24.] e a presença de uma membrana celular com canais seletivos [2.,11.]. Shapiro [25.] chama atenção para outro detalhe importante: para além das comparações entre formas de vida terrestres e possíveis organismos extraterrestres, experimentos de laboratório não correspondem à realidade objetiva na natureza.

Nessa mesma linha, o químico orgânico James Tour, classificado como um dos 10 melhores químicos do mundo durante a última década pela Thomson Reuters em 2009 [29.], reconhece que os mecanismos químicos para a origem da vida permanecem desconhecidos, enfatizando lacunas significativas no entendimento atual:

⁴O termo cosmozoário designa, no contexto da Teoria Cosmozoica, um suposto micro-organismo ou partícula portadora de vida originada no espaço e transportada para a Terra por meteoros, asteroides ou poeira cósmica.



[Há] ignorância coletiva. [...] Aqueles que dizem que isso já está bem elaborado não sabem de nada sobre a síntese química. [...] Aqueles que pensam que os cientistas entendem os detalhes da origem da vida estão completamente desinformados. Ninguém entende. [...] Quando é que a comunidade científica confessará ao mundo que são ignorantes sobre a origem da vida? [31.]

Diante desse panorama, torna-se evidente que, embora a retomada da Teoria Cosmozoica busque oferecer uma alternativa às limitações da abiogênese, ela não resolve as questões centrais relativas à origem da vida.

2.4. Perguntas fundamentais sobre a origem da vida

Nas últimas décadas, diversos pesquisadores têm se debruçado sobre as lacunas ainda existentes nas hipóteses sobre a origem da vida, especialmente no que diz respeito à complexidade dos processos bioquímicos envolvidos. Entre as contribuições mais recentes, alguns autores têm buscado sistematizar os principais questionamentos que desafiam a plausibilidade da evolução química. Nesse contexto, o químico Marcos Eberlin menciona as dez perguntas cruciais formuladas por David L. Abel sobre a evolução química da vida, apresentadas em sua obra *The Most Plaguing Problem of Life Origin*:

Como a evolução gerou as receitas metabólicas com instruções via linguagem de símbolos químicos?
Como a química prebiótica configurou os interruptores liga/desliga desses processos?
De que maneira sequências inanimadas de nucleotídeos conseguiram soletrar as instruções aos ribossomos?
Como foram codificadas as instruções do código da vida?
O que programou o software de detecção e correção de erros do DNA, que evita que a vida se deteriore para “não vida”, perante tantas mutações deletérias?
Qual das três forças naturais organizou, prescreveu e formou a vida: a gravidade, as forças nucleares ou as forças eletromagnéticas?
Como o acaso ou a necessidade tomou a decisão “antevidente” de programar instruções genéticas que prescrevem uma utilidade futura para seus produtos?
Por que e como um ambiente prebiótico só com moléculas inanimadas procuraria gerar algo útil?
Como o acaso ou a necessidade teria conseguido programar e prescrever biofunções sofisticadas?
O que teria programado, em um ambiente prebiótico, a receita das biofunções integradas e sofisticadas da vida? [12.]



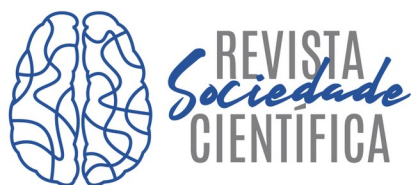
Tentativas de responder a essas perguntas, ou a algumas delas, surgiram a partir da segunda metade do século passado, já que boa parte dos problemas levantados na lista acima sequer era conhecida pelos pesquisadores de algumas décadas atrás.

Aleksandr Oparin e John B. S. Haldane, na década de 1920, propuseram que seres vivos poderiam surgir a partir de moléculas orgânicas originadas de substâncias inorgânicas presentes em uma suposta atmosfera primitiva. Cerca de três décadas depois, Stanley Miller, então aluno de pós-graduação na Universidade de Chicago, realizou um experimento no laboratório de seu professor Harold Urey, dando início à moderna pesquisa sobre a origem da vida. No começo dos anos 1950, cientistas acreditavam que a atmosfera da Terra primitiva consistia principalmente em vapor d'água, hidrogênio (H_2) e gases ricos nesse elemento, como metano (CH_4) e amônia (NH_3). Miller colocou esses gases em um aparato de vidro e os submeteu a descargas elétricas que simulavam relâmpagos. Uma semana mais tarde, verificou que o aparato continha uma mistura de moléculas orgânicas, incluindo alguns aminoácidos levógiros e dextrógiros [21].⁵

Nos anos 1960, os geoquímicos concluíram que a atmosfera da Terra primitiva provavelmente continha pequenas quantidades de H_2 e gases vulcânicos, como CO_2 e N_2 . Quando o experimento de Miller-Urey foi repetido, mas com a substituição do CH_4 por CO_2 e da NH_3 por N_2 , os aminoácidos foram produzidos em quantidades extremamente pequenas. Além disso, os compostos orgânicos gerados precisavam ser retirados rapidamente para não serem destruídos pelas mesmas descargas elétricas que os criavam, o que evidenciava a necessidade de intervenção humana inteligente em todo o processo [6.,20.].

Vale ressaltar, ainda, que estudos geológicos sugerem a presença de pequenas quantidades de oxigênio na atmosfera primitiva, ainda que muito inferiores aos níveis

⁵Ver também: Lennox [18.]; Meyer [20.]; Wells [33.].



atuais, o que desafia parcialmente o modelo de uma atmosfera totalmente redutora [7., 13.,15.].⁶

Apesar de ainda constar em alguns livros didáticos como evidência da origem abiogênica da vida, a partir de 1980 a maioria dos geoquímicos passou a considerar o experimento de Miller-Urey irrelevante para a explicação da origem da vida. Mesmo a hipótese de que os precursores da vida teriam surgido nas proximidades de fontes geotermiais foi contestada, e um dos críticos dessa ideia foi justamente Miller.

Em 1998, Matthew Levy e Stanley Miller publicaram um artigo no qual afirmam que:

As teorias da origem da vida em alta temperatura exigem que os componentes do primeiro material genético sejam estáveis. Portanto, medimos as meias-vidas para a decomposição das nucleobases. Eles foram considerados curtos na escala de tempo geológico. A 100 °C, as temperaturas de crescimento dos hipertermófilos, as meias-vidas são muito curtas para permitir o acúmulo adequado desses compostos ($t_{1/2}$ para A e G \approx 1 ano; U = 12 anos; C = 19 dias). Portanto, a menos que a origem da vida tenha ocorrido extremamente rápido (<100 anos), concluímos que uma origem da vida em alta temperatura pode ser possível, mas não pode envolver adenina, uracila, guanina ou citosina. As taxas de hidrólise a 100 °C também sugerem que um impacto de asteroide em ebulição no oceano redefiniria o relógio prebiótico, exigindo aos processos sintéticos prebióticos recomeçar. [19.]

Alguns pesquisadores chegaram a reafirmar a sugestão de Charles Darwin de que a vida teria surgido em uma “poça morna”. No entanto, especialistas como o professor emérito de química David Deamer consideram improvável que isso tenha ocorrido, uma vez que testes realizados por uma equipe da Universidade da Califórnia, em poças vulcânicas, sugeriram que elas não ofereciam condições para permitir o surgimento de organismos vivos. Os testes foram conduzidos em regiões vulcânicas de Kanchatka, na Rússia, e Mount Lassen, na Califórnia. Deamer explica que as águas

⁶Uma atmosfera redutora é aquela pobre em oxigênio livre (O_2) e rica em gases capazes de doar elétrons — como hidrogênio (H_2), metano (CH_4) e amônia (NH_3). Esse tipo de atmosfera favorece reações químicas de redução, nas quais os átomos ganham elétrons, permitindo a formação de compostos orgânicos simples a partir de substâncias inorgânicas. Em contraste, uma atmosfera oxidante, rica em oxigênio, tende a degradar moléculas orgânicas, o que dificultaria o surgimento espontâneo da vida.



ácidas e quentes da lama não fornecem condições adequadas para que componentes químicos se transformem em organismos pioneiros [9.].

Além disso, ainda que se admitisse a formação de aminoácidos em tais condições, chegariam eles ao ponto de originar peptídeos (cadeias curtas de aminoácidos que compõem as proteínas)? A resposta é negativa, pois, mesmo em condições controladas de laboratório, esses compostos se decompõem significativamente em aproximadamente uma semana, de modo que não haveria tempo hábil para a síntese necessária [3.].

Examinando a cinética de decomposição de aminoácidos em solução aquosa baseados nos dados de laboratório existentes, foi encontrado que todos os quatorze aminoácidos proteogênicos considerados neste estudo se decompõem em uma proporção muito grande (>99,9%) por períodos de tempo relativamente curtos em oceanos hidrotermalmente ativos. Portanto, como regra geral, sugerimos que, se forem detectados aminoácidos acima de uma concentração de 1 nM em Encélado, Europa ou outros mundos oceânicos hidrotermalmente ativos, eles deveriam ter sido formados recentemente e não ser relíquias de processos primitivos [Erro: Origem da referência não encontrada].

Justamente em razão da enorme dificuldade de demonstrar que a vida teria surgido sem a interferência de um ente inteligente, alguns cientistas têm retomado a Teoria Cosmozoica ou Panspermia Cósmica. Ainda que os supostos cosmozoários não fossem destruídos pelos raios cósmicos e ultravioleta que varrem continuamente o espaço sideral, e conseguissem sobreviver às altas temperaturas da entrada de uma rocha na atmosfera terrestre e ao impacto com a superfície do planeta, todos os problemas apontados neste trabalho para a origem da vida continuariam válidos em qualquer lugar do Universo.

2.5. Uma alternativa possível

Conforme visto até aqui, diante das dificuldades enfrentadas pelas teorias que buscam explicar a origem da vida apenas por meio de processos naturais, surgem novas abordagens que procuram oferecer alternativas mais abrangentes. Uma dessas



abordagens enfatiza a existência de uma ordem e precisão intrínsecas ao Universo e aos sistemas biológicos. Nesse sentido, há pesquisadores que têm aventado ainda outra proposta, a hipótese da intervenção dirigida, baseada na noção de ajuste fino (o delicado equilíbrio de constantes e valores em um âmbito extremamente restrito, necessário para a existência da vida).

Diferentes estudos têm apontado, de forma transversal ou direta, para o ajuste fino observável no cosmos. Por exemplo, em um artigo intitulado “Using statistical methods to model the fine-tuning of molecular machines and systems”, Thorvaldsen destaca:

O ajuste fino tem recebido muita atenção na física e afirma que as constantes fundamentais da física são perfeitamente ajustadas a valores precisos para uma rica química e permissão de vida. Ainda não foi aplicado de maneira ampla à biologia molecular. No entanto, [...] argumentamos que os sistemas biológicos apresentam ajuste fino em diferentes níveis, por exemplo, proteínas funcionais, máquinas bioquímicas complexas em células vivas e redes celulares. Este artigo descreve o ajuste fino molecular, como pode ser usado em biologia e como desafia o pensamento darwiniano convencional. Também discutimos os métodos estatísticos que sustentam o ajuste fino e apresentamos uma estrutura para essa análise [30].

Declarações como essas vão ao encontro do que outros cientistas reconhecem, como é o caso de Stephen Hawking, em seu famoso livro *Uma Breve História do Tempo*:

As leis da ciência, como as conhecemos hoje, compreendem muitas grandezas fundamentais, como a magnitude da carga elétrica do elétron e a razão entre as massas do próton e do elétron. Não somos capazes, pelo menos no momento, de prever os valores dessas quantidades a partir da teoria — temos de descobri-los por observação. Pode ocorrer de um dia descobriremos uma teoria unificada completa que preveja todas essas grandezas, mas também é possível que algumas ou todas elas variem de um universo para o outro ou dentro de um único universo. O fato notável é que os valores dessas quantidades parecem ter sido muito bem ajustados para possibilitar o desenvolvimento da vida. Por exemplo, se a carga do elétron fosse apenas ligeiramente diferente, as estrelas teriam sido incapazes de queimar hidrogênio e hélio e explodir [14].

Diante de evidências como as mencionadas, alguns cientistas, como Fred Hoyle, têm chegado a cogitar que “uma superinteligência manipulou a física, assim como a



química e a biologia, e que não existem forças cegas dignas de menção na natureza” [17.].

Essas reflexões — apenas brevemente mencionadas aqui, mas que são merecedoras de mais profunda discussão — indicam que, para além da crítica ao darwinismo tradicional, a noção de ajuste fino abre espaço para um debate mais amplo sobre as condições necessárias à existência da vida, trazendo implicações que ultrapassam a biologia e dialogam diretamente com questões filosóficas e cosmológicas.

3. Considerações finais

De acordo com as evidências, nenhuma das teorias que buscam explicar a origem da vida no planeta Terra alcança unanimidade, seja na sociedade em geral, seja na própria comunidade científica. Isso porque aspectos cruciais relacionados ao surgimento e ao funcionamento das células, bem como das estruturas de apoio à vida, continuam sendo descobertos com o avanço das pesquisas, adicionando novas demandas e exigindo revisões nos modelos concebidos anteriormente, quando tais informações ainda eram desconhecidas.

Desde o micoplasma até as formas de vida mais complexas, o estudo de sua composição, surgimento, funcionamento e manutenção gera uma série de indagações que colocam em xeque a abiogênese e seu embasamento, estimulando, por conseguinte, a revisão de modelos e a retomada de propostas que, por algum tempo, haviam sido relegadas a segundo plano.

Atento a esse cenário, o presente ensaio realizou uma análise crítica da retomada da Teoria Cosmozoica ou Panspermia Cósmica no meio acadêmico como alternativa para a explicação da origem da vida no planeta Terra, na medida em que descobertas recentes têm lançado sérios questionamentos sobre a teoria da abiogênese diante das condições descritas para a Terra primitiva e daquelas necessárias para o surgimento espontâneo da vida.



Não obstante, como ocorre em toda constatação de fragilidade de um modelo, é preciso registrar que a presente análise não buscou comprovar a veracidade de uma teoria em detrimento de outra; antes, pretendeu demonstrar que afirmações consideradas sólidas em determinado momento podem revelar-se equivocadas e insustentáveis à medida que novas descobertas são realizadas nos diversos campos do conhecimento, sobretudo na química orgânica, na bioquímica e na biologia molecular.

Isto posto, entende-se que ainda há um longo caminho a ser percorrido até que os pesquisadores tenham em mãos o esclarecimento necessário acerca dessa questão. Contudo, é importante enfatizar que, ao fim desse processo, a análise da literatura relacionada à origem abiótica da vida muito provavelmente continuará evidenciando que o enigma permanece. Como admitem Steele [27.] e outros pesquisadores, os cenários propostos e as experiências realizadas não têm ajudado a resolver o mistério da origem da vida na Terra. Por esse motivo, a Teoria Cosmozoica ou Panspermia Cósmica voltou a ganhar força nos meios científico e acadêmico, sem, contudo, resolver a questão persistente: Como a vida teria se originado de matéria não viva, aqui ou em qualquer lugar do Universo?

Assim, conclui-se que a origem da vida a partir de matéria não viva permanece um mistério desafiador para os pesquisadores que se dedicam ao tema, e talvez uma resposta mais plena a esse questionamento não possa ser dada sem que se amplie o escopo da discussão e se traga para o debate a contribuição de outras áreas do conhecimento além da biologia.

4. Declaração de direitos

Os autores declaram ser detentores dos direitos autorais da presente obra, que o artigo não foi publicado anteriormente e que não está sendo considerado por outra(o) Revista/Journal. Declaram que as imagens e textos publicados são de responsabilidade dos autores, e não possuem direitos autorais reservados a terceiros. Textos e/ou imagens de terceiros são devidamente citados ou devidamente autorizados com concessão de direitos para publicação quando necessário. Declaram respeitar os direitos de terceiros e de Instituições públicas e privadas. Declaram não



cometer plágio ou autoplágio e não ter considerado/gerado conteúdos falsos e que a obra é original e de responsabilidade dos autores.

5. Referências

1. ALBERTS, B. *et al.* *Biologia Molecular da Célula*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.
2. ASHTON, J. F. *Em Seis Dias: por que 50 cientistas decidiram aceitar a criação*. Brasília: Sociedade Criacionista Brasileira, 2010.
3. AUBREY, A. D. *et al.* The role of submarine hydrothermal systems in the synthesis of amino acids. *Prebiotic Chemistry, Origins of Life and Evolution of Biospheres*, Dordrecht, v. 39, n. 2, p. 91-108, abr. 2009.
4. BEHE, M. *A Caixa Preta de Darwin: o desafio da bioquímica à teoria da evolução*. São Paulo: Editora Mackenzie, 2019.
5. CANAVELLI, V. *et al.* Peptide ligation by chemoselective aminonitrile coupling in water. *Nature*, London, v. 571, p. 546-549, 2019.
6. CLEMENS, R. Prebiotic chemistry and human intervention. *Nature Communications*, London, v. 9, n. 5177, 2018.
7. CLEMMY, H.; BADHAM, N. Oxygen in the Precambrian atmosphere: an evaluation of the geological evidence. *Geology*, Boulder, v. 10, n. 3, p. 141-146, 1982.
8. DAWKINS, R. *O Relojoeiro Cego*. São Paulo: Companhia das Letras, 2001.
9. DEAMER, D. *et al.* Self-assembly processes in the prebiotic environment. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, London, v. 361, n. 1474, p. 1809-1818, 2006.
10. DEAMER, D.; DAMER, B. Can life begin on Enceladus? A perspective from hydrothermal chemistry. *Astrobiology*, New Rochelle, v. 17, n. 9, p. 834-839, 2017.



11. EBERLIN, M. Antevidência: a química da vida revelando planejamento e propósito. São Paulo: Editora Mackenzie, 2020.
12. EBERLIN, M. Fomos Planejados: a maior descoberta científica de todos os tempos. São Paulo: Editora Mackenzie, 2018.
13. HAYES, J. M.; WALDBAUER, J. R. The carbon cycle and associated redox processes through time. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, London, v. 361, n. 1470, p. 931-950, 2006.
14. HAWKING, S. W. Uma Breve História do Tempo. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2015.
15. HOASHI, M. *et al.* Primary haematite formation in an oxygenated sea 3.46 billion years ago. *Nature Geoscience*, London, v. 2, p. 301-306, 2009.
16. HOYLE, F. Evolution From Space (The Omni Lecture) and Other Papers on the Origin of Life. New Jersey: Enslow-Hillside, 1982.
17. HOYLE, Fred. The Universe: past and present reflections. *Engineering and Science*, Pasadena, v. 45, n. 2, p. 8-12, 1981.
18. LENNOX, J. C. Por Que a Ciência Não Consegue Enterrar Deus. São Paulo: Mundo Cristão; Mackenzie, 2011.
19. LEVY, M.; MILLER, S. L. The stability of the RNA bases: implications for the origin of life. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, Washington, v. 95, n. 14, p. 7933-7938, 1998.
20. MEYER, S. C. Signature in the Cell. New York: Harper, 2009.
21. MILLER, S. L. A production of amino acids under possible primitive earth conditions. *Science*, Washington, v. 117, n. 3046, p. 528-529, maio 1953.
22. MOROWITZ, H. Energy Flow in Biology: biological organization as a problem in thermal physics. New York; London: Academic Press, 1968.
23. RICHERT, C. Prebiotic chemistry and human intervention. *Nature Communications*, London, v. 9, n. 5177, 2018.



24. ROBERTSON, M. P.; JOYCE, G. F. The origins of the RNA World. Cold Spring Harbor Perspectives in Biology, Cold Spring Harbor, v. 4, n. 5, p. a003608, maio 2012.
25. SHAPIRO, R. Astrobiology: Life's beginnings. Nature, London, v. 476, n. 7358, p. 30-31, 2011.
26. SOUZA, J. A. Os matemáticos da evolução. Reveleto — Revista Eletrônica Espaço Teológico, São Paulo, v. 10, n. 17, p. 54-70, jan./jun. 2016.
27. STEELE, E. J. *et al.* Cause of Cambrian Explosion — Terrestrial or Cosmic? Progress in Biophysics and Molecular Biology, Exeter, v. 136, p. 3-33, ago. 2018.
28. STEIN, A. vom. Criação: criacionismo bíblico. Brasília: Sociedade Criacionista Brasileira, 2007.
29. THOMSON REUTERS. Top ten chemists. Times Higher Education, London, 3 dez. 2009. Disponível em: <https://www.timeshighereducation.com/news/top-ten-chemists/409418.article>. Acesso em: 3 out. 2025.
30. THORVALDSEN, S. Using statistical methods to model the fine-tuning of molecular machines and systems. Journal of Theoretical Biology, London, v. 501, p. 110352, 2020.
31. TOUR, J. Animadversions of a synthetic chemist. Inference Review, [S. l.], v. 2, maio 2016. Disponível em: <https://inference-review.com/article/animadversions-of-a-synthetic-chemist>. Acesso em: 23 fev. 2021.
32. TRUONG, N. *et al.* Decomposition of amino acids in water with application to in-situ measurements of Enceladus, Europa and other hydrothermally active icy ocean worlds. arXiv, Ithaca, abr. 2019. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1904.04407>. Acesso em: 22 fev. 2021.
33. WELLS, J. Icons of Evolution. Washington: Regnery Publishing, 2002.