



**ASTROBIOLOGIA  
E A ORIGEM DA VIDA  
EM 6 LIÇÕES**



BRUNO LEONARDO DO NASCIMENTO DIAS

# ASTROBIOLOGIA E A ORIGEM DA VIDA EM 6 LIÇÕES



Editora Livraria da Física  
São Paulo | 2023

Copyright © 2023 Bruno Leonardo do Nascimento Dias

**Editor:** JOSÉ ROBERTO MARINHO

**Editoreção Eletrônica:** HORIZON SOLUÇÕES EDITORIAIS

**Capa:** HORIZON SOLUÇÕES EDITORIAIS

*Texto em conformidade com as novas regras ortográficas do Acordo da Língua Portuguesa.*

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Dias, Bruno Leonardo do Nascimento

Astrobiologia e a origem da vida em 6 lições / Bruno Leonardo do Nascimento Dias. – 1. ed. – São Paulo: Livraria da Física, 2023.

Bibliografia.

ISBN 978-65-5563-305-4

1. Astronomia 2. Biologia 3. Filosofia 4. Metafísica 5. Origem da vida  
6. Universo - Origem I. Título.

23-144111

CDD-576.83

**Índices para catálogo sistemático:**

1. Origem da vida: Biologia            576.83

Aline Grazielle Benitez – Bibliotecária – CRB-1/3129

ISBN: 978-65-5563-305-4

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta obra poderá ser reproduzida sejam quais forem os meios empregados sem a permissão da Editora. Aos infratores aplicam-se as sanções previstas nos artigos 102, 104, 106 e 107 da Lei n. 9.610, de 19 de fevereiro de 1998.

Impresso no Brasil • *Printed in Brazil*



**Editora Livraria da Física**

Fone/Fax: +55 (11) 3459-4327 / 3936-3413

[www.livrariadafisica.com.br](http://www.livrariadafisica.com.br)



# Conselho Editorial

**Amílcar Pinto Martins**

Universidade Aberta de Portugal

**Arthur Belford Powell**

Rutgers University, Newark, USA

**Carlos Aldemir Farias da Silva**

Universidade Federal do Pará

**Emmánuel Lizcano Fernandes**

UNED, Madri

**Iran Abreu Mendes**

Universidade Federal do Pará

**José D'Assunção Barros**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

**Luis Radford**

Universidade Laurentienne, Canadá

**Manoel de Campos Almeida**

Pontifícia Universidade Católica do Paraná

**Maria Aparecida Viggiani Bicudo**

Universidade Estadual Paulista - UNESP/Rio Claro

**Maria da Conceição Xavier de Almeida**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

**Maria do Socorro de Sousa**

Universidade Federal do Ceará

**Maria Luísa Oliveras**

Universidade de Granada, Espanha

**Maria Marly de Oliveira**

Universidade Federal Rural de Pernambuco

**Raquel Gonçalves-Maia**

Universidade de Lisboa

**Teresa Vergani**

Universidade Aberta de Portugal



*Dedico este livro  
aos meus pais,  
ao meu irmão e  
em memória ao meu avô Francisco,  
ao meu primo Fábio  
e aos meus tios Roberto e Eliane*





# AGRADECIMENTOS

**G**OSTARIA de agradecer a vida pelo privilégio deste momento, por todas as alegrias e tristezas, por todas as lembranças, recordações inesquecíveis e por aqueles momentos que já não me lembro mais, pelo medo e pela coragem, pelos obstáculos e pelas conquistas, pelas vitórias e pelos fracassos (Por que não?), pelos dias de sol e pelos dias de chuva, pelo calor dos dias verão e pelos dias frios do inverno, pelas sementes que vi cair e pelas árvores que vi nascer e crescer, pelos sorrisos que recebi e pelas lágrimas que me fizeram derramar, por as vezes me sentir sozinho ou estar sozinho e pelas vezes que estou rodeado de pessoas, pela sabedoria que tenho adquirido com o tempo e pelas informações que sou capaz de repassar. Assim, gostaria de agradecer muito essa possibilidade de existir, por estar vivo e por todos esses sentimentos, essa mistura de sensações que são imprescindíveis à minha condição humana, me fazem, ser vivo!

Por fim, agradeço a cada pessoa que colaborou para que esta obra pudesse ser lapidada da melhor forma possível. A parte do capítulo da Filosofia foi aprimorada com as considerações do filósofo Dr. Alexey Dodsworth (USP), o capítulo da Química e também o capítulo de modelos de origem da vida tiveram contribuições e conselhos importantes do químico Dr. Dimas Zaia (UEL), e o capítulo da Geologia planetária foi desenvolvido com base em aconselhamentos fornecidos pelo astrofísico Dr. Alan Alves Brito (UFRGS).



# PREFÁCIO

**O** CONTEÚDO aqui, embora envolva questões históricas sérias para Astrobiologia, não possui a pretensão de ser um curso de pesquisa. Minha ideia é cultivar, motivar e ampliar o interesse de pessoas curiosas sobre essa temática que ainda é pouco desenvolvida no Brasil - A origem da vida. Por essa razão, contudo, esforcei-me um bocado para desenvolver cada capítulo, apresentando tanto pensamentos filosóficos que deram origem as ideias postas hoje em práticas quanto alguns aspectos técnicos de diferentes campos do conhecimento - Biologia, Química, Geologia, Astronomia e a Física - estão disponibilizados da forma mais acessível para pessoas que estejam no ensino médio, principalmente, mas sem deixar de ter valor para pessoas na graduação e na Pós-graduação.

Partindo do princípio de que, estudantes do ensino médio regular, sejam pessoas que possuam algum conhecimento com noções básicas sobre Biologia, Química e Física, eu me preocupei mais em expor aspectos históricos e perspectivas filosóficas, do que propriamente juntar um aglomerado de informações técnicas. Além disso, esta é uma obra que não possui - *a priori* - uma ordem definida para ser lida - não vejo o menor motivo para organizar esses conteúdos em uma ordem específica, embora incondicionalmente existam capítulos e suas disposições. Dito de outra maneira, não existem pré-requisitos ou sequências que precisam necessariamente serem seguidas pelos leitores.

Ao mesmo tempo em que promovo o desenvolvimento desta obra de divulgação científica para mentes de pessoas que tenham interesse sobre questões sobre a origem da vida, gostam e possuem curiosidade, queria também cuidar ou instigar aquelas pessoas que não sabem ainda quão interessante é esse assunto. Os motivos para isso são os mais diversos obviamente, mas pode ser resumidamente posto como anos escolares ou universitários com aulas que, em geral, estigmatizam da pior maneira o conteúdo científico. Queria e espero com essa obra, então, ser capaz de mostrar a beleza da Filosofia, das Ciências e todas as aplicações que se desenvolvem desde o ensino médio. Afinal, todas essas informações conectadas uma-a-uma forjam os alicerces estruturais iniciais desse tema.

Eu não possuo a pretensão e não é minha expectativa que todos sejam capazes de entender tudo. Porém, espero causar inquietação, despertar a chama da curiosidade em boa parte dos leitores deste livro, acendendo o interesse neles de saber mais e cada vez mais, não apenas sobre esse tema, mas também sobre outros conteúdos científicos que estão dia-a-dia ao nosso redor.

Em geral, grande parte dos estudantes que procuram pela Astrobiologia - ao menos aqui no Brasil - são da área de Física e da Biologia. No entanto, este livro, que é sobre um assunto específico - “Origem da Vida” - mostra que é possível estudar e ter uma perspectiva a partir de vários campos científicos. Com base nessa perspectiva, foram criados separadamente cada capítulo para mostrar para pessoas de diferentes campos, como é possível interagir com a Astrobiologia - que é um campo multidisciplinar, inclusive.

Acredito que uma maneira de ajudarmos mais os estudantes é nos dedicarmos com mais afinco ao desenvolvimento de iniciativas que propiciem o interesse dessa geração de pessoas (ensino médio e universitário), seja por meio de palestras, por cursos de inverno e verão ou até mesmo escrevendo livros de divulgação científicos que contenham de forma acessível, ao menos parte do que desenvolvemos em nossas pesquisas. Precisamos fornecer “moeda de troca” de tudo que nos foi “dado” algum dia durante nossa trajetória acadêmica - de alguns, inclusive, tão sofrida. Essa moeda de troca precisa ser capaz de preencher um pouquinho do vazio que nossos estudantes possuem e dar a eles uma boa oportunidade de ter um material que contemple os seus anseios - independentemente do nível, sejam do ensino médio, universitário, ou mesmo aqueles que estejam iniciando seu mestrado ou doutorado.

Logicamente, não sou um cientista e divulgador ingênuo, no sentido de achar que todas essas iniciativas - incluindo essa obra - proporcionariam “A solução” para todo o problema de ordem educacional que existe em nosso país. Todavia, sem essas iniciativas, tão pouco poderemos progredir como sociedade. Precisamos, como cientistas, como divulgadores e como profissionais de cada área, ser capazes de não apenas sair da caverna, mas também tentar abrir os olhos de cada cidadão para o fato de que o ensino mais adequado só poderá ser levado a cabo nas situações em que houver um relacionamento pessoal direto entre o aluno e o bom professor – situações nas quais o estudante discuta as idéias, reflita e tenha espaço para conversar sobre elas. É impossível

aprender muita coisa simplesmente comparecendo a uma palestra ou mesmo limitando-se a resolver os problemas determinados em uma sala de aula.

No entanto, nesses tempos modernos, são tantos os alunos que temos para ensinar que precisamos encontrar algum método substituto, que esteja mais próximo de um condicionamento de ensino-aprendizagem “ideal”. Espero que minhas lições sobre “origem da vida” e seus aspectos voltados à Astrobiologia partindo de uma perspectiva multidisciplinar possam contribuir de alguma forma. Talvez em algum lugarejo, onde haja professores e estudantes individuais, eles possam obter alguma inspiração ou ideias a partir dessas humildes lições que descrevo à curiosos ou estudiosos. Talvez se divirtam refletindo sobre elas – ou quem sabe desenvolvam algumas delas por meio de pesquisas na Filosofia, Química, Biologia, Geologia, Astronomia, Física ou qualquer outra área que esteja mais próxima de suas afinidades.

**Dr. Bruno Leonardo do Nascimento Dias**

Membro do grupo de Filosofia do Instituto Europeu de Astrobiologia

Membro do comitê Internacional da

Red Española de Planetología y Astrobiología

Membro da Sociedade Alemã de Astrobiologia

Membro da Sociedade Brasileira de Física

Sócio efetivo da Sociedade Brasileira de Astrobiologia



*Tornamos nosso mundo significativo  
pela coragem de nossas perguntas e  
pela profundidade de nossas respostas.  
Afinal, quando você considera o número  
quase infinito de bifurcações  
que levam a uma única pessoa a nascer,  
deve ser grato pelo o que você é,  
neste exato segundo.*

*Pense no enorme número de  
potenciais universos alternativos, onde,  
por exemplo, seus bisavós nunca se encontraram  
e você nunca veio a existir.*

*Além disso, você tem o prazer de viver em um planeta  
onde evoluímos para respirar o ar, beber a água,  
e amar o calor da estrela mais próxima (Sol).*

*Você está conectado com as gerações através do DNA  
e, ainda mais distante, com o universo,  
porque cada célula do seu corpo  
foi cozido no coração das estrelas.*

*“Nós somos poeiras das estrelas.”*

*Quem sabe disto,  
ama tão apaixonadamente as estrelas  
que não tem medo da noite (a morte).*

**Trecho da conversa sobre “O que é morte”  
entre Carl Sagan e sua filha Sasha Sagan**





# SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS</b>	<b>9</b>
<b>PREFÁCIO</b>	<b>11</b>
<b>FILOSOFIA, ASTROBIOLOGIA E A ORIGEM DA VIDA</b>	<b>19</b>
Fisicalismo-monista ou Vitalismo-dualista?	19
A vida está sujeita às mesmas leis da Natureza?	22
<b>QUÍMICA, ASTROBIOLOGIA E A ORIGEM DA VIDA</b>	<b>25</b>
Origem e formação dos elementos químicos	25
A Química do carbono	26
A relação entre os hidrocarbonetos e a vida na Terra	29
A Química pré-biótica e a origem da vida	31
<b>GEOLOGIA, ASTROBIOLOGIA E A ORIGEM DA VIDA</b>	<b>35</b>
Formação planetária e os estudos geológicos	35
Uma breve história da Terra	40
Uma relação cósmica entre a Terra e a origem da vida	43
Pluralidade dos mundos e a multiplicidade da vida	45
<b>BIOLOGIA, ASTROBIOLOGIA E A ORIGEM DA VIDA</b>	<b>51</b>
Uma hipótese biótica sobre a origem da vida	51
Panspermia e a origem da vida	53
Uma perspectiva filosófica sobre os extremófilos	55
<b>MODELOS SOBRE A ORIGEM DA VIDA</b>	<b>65</b>
Uma hipótese abiótica sobre a origem endógena da vida	65
O modelo de Oparin	66
O modelo de Fox	71
O mundo do RNA	73
Uma hipótese abiótica sobre a origem exógena da vida	77
Astroquímica moderna e a origem da vida	79
<b>METACIÊNCIA: A VIDA, O UNIVERSO E MUITO MAIS</b>	<b>89</b>
Nota de transição: A Transcendência científica	89
O tear da vida e suas redes de interações	90
As interações entre os emaranhamentos das redes complexas	94
O acoplamento sistêmico das redes complexas	96

A rede auto-organizacional da vida	99
Construindo a si mesmo: rede autopoietica	101
Ordem e progresso	105
A autocatálise e o limite superior	106
À guisa de conclusões	110
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>115</b>

# FILOSOFIA, ASTROBIOLOGIA E A ORIGEM DA VIDA

## *Lição 1*

### **Fisicalismo-monista ou Vitalismo-dualista?**

*“Assim como as teorias, os órgãos e suas funções  
são adaptações experimentais ao mundo em que vivemos.*

(Sir Karl Popper)

**A** ASTROBIOLOGIA é uma ciência moderna que se preocupa com questões relacionadas à origem, evolução e a distribuição da vida no Universo. Embora o termo “Astrobiologia” tenha aparecido apenas durante o século XX, a curiosidade sobre a possibilidade de existir vida fora da Terra começou há mais de 2.000 anos. Este é um fato que não deveria surpreender, visto que esta é uma questão vinculada à multiplicidade de mundos, historicamente debatida entre singularistas e pluralistas da Grécia antiga.

O termo “singularistas” é proveniente da visão defendida por Platão (428 a.C.-347 a.C.) e Aristóteles (384 a.C.-322 a.C.) a favor da singularidade humana no Universo, ou seja, a manifestação única de vida inteligente existente em toda Via Láctea. Em contrapartida, os “pluralistas” como Epicuro (341 a.C. — 270 a.C.), Demócrito (460 a.C. — 370 a.C.) e Leucipo (nascido no século V a. C.) defendiam a concepção de multiplicidade de mundos habitados por seres vivos inteligentes, isto é, a pluralidade de mundos.

A Terra é, até o momento, o único planeta em que se pode afirmar que existem organismos vivos. Contudo, isso não quer dizer que não exista vida fora da Terra. A falta de evidência não deve ser considerada como uma evidência de que a vida extraterrestre não existe. É importante destacar que os avanços tecnológicos, têm gerado inúmeros resultados através de telescópios, satélites entre outros instrumentos, que cada vez mais fornecem indí-

cios crescentes de que “algo” extraordinário pode estar prestes a ser encontrado, seja em um planeta como Marte, em luas do Sistema Solar como Europa e Encélado, ou talvez, até mesmo em algum planeta que esteja orbitando alguma outra estrela que não seja o Sol.

No entanto, será que saberíamos identificar “algo” como um exemplar extraterrestre vivo? Apesar de toda a biodiversidade que existe no planeta Terra, a maioria de nós somos capazes - incluindo as crianças - de distinguir coisas vivas de não vivas. Porém, não é possível saber se toda a vida existente no Universo - se é que existem outras formas de vida - são idênticas ou sequer parecidas com as que existem neste planeta.

A busca por vida em outros planetas pode nos fornecer grandes surpresas, em que os exemplares extraterrestres podem ser muito diferentes da vida, tal como conhecemos na Terra. Por exemplo, podem ter um DNA com estrutura de tripla hélice, uma bioquímica baseada em silício e não em carbono, talvez possuam uma outra base nitrogenada para formação de seus aminoácidos. Dessa maneira, será que é possível definir “algo” como vida extraterrestre a partir dos padrões de vida tal como a conhecemos na Terra? Historicamente falando, existem inúmeros conceitos que foram enunciados de formas diferentes que buscaram construir uma solução para a pergunta socrática “O que é vida?”. No entanto, todos os modelos que tentaram representar os aspectos gerais de um organismo vivo por meio de uma definição “universal”, em algum momento ou de alguma maneira se revelaram falhos. Vale realçar que embora a pergunta pareça ser simples, as reflexões geradas a partir dela são inúmeras. Não é fácil fornecer uma definição “universal” apropriada para vida, se é que isso é possível!

A tentativa de definir algo tão complexo acaba, por vezes, por incluir ou restringir demais o conceito, adicionando ou deixando de fora determinados exemplares. O biólogo evolucionista Ernst Mayr possui um ponto de vista sobre essa discussão bastante incisivo, argumentando que: *“tais esforços são simplesmente fúteis, pois hoje está perfeitamente claro que não há uma substância especial, um objeto, ou uma força que possam ser identificados com a vida.* Essa perspectiva de Mayr, na realidade, é uma objeção ao vitalismo, que parte do pressuposto de que a vida nada mais é do que uma manifestação de uma força