

## A ORIGEM DA VIDA E A SUA EVOLUÇÃO. UMA QUESTÃO CENTRAL NO ÂMBITO DA EXOBIOLOGIA

Francisco J. Nascimento Carrapiço

*Centro de Biologia Ambiental, Departamento de Biologia Vegetal, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, , Bloco C2, Campo Grande, 1749-016 Lisboa, Portugal*  
(E-mail: F.Carrapico@fc.ul.pt)

Advances are made by answering questions.  
Discoveries are made by questioning answers...  
Bernhard Haisch

### *A parábola da criação*

*“No princípio creou Deus os céus e a terra. E a terra era sem fôrma e vazia; e havia trevas sobre a face do abysmo: e o Espírito de Deus se movia sobre a face das aguas”* (1). É assim que começa o livro do Génesis sobre a origem da vida e da história da humanidade. A origem da vida foi, desde sempre, um tema que despertou o maior interesse e controvérsia na sociedade. Frequentemente, o homem viu e construiu sobre ele uma complexa teia de relações em que a componente divina tornava-se imprescindível para obter uma resposta coerente sobre esta questão. O toque de Deus tinha obrigatoriamente que estar presente, pois sem ele a própria base da sociedade podia estar comprometida. O livro do Génesis é um dos exemplos desta realidade. Interpretado à letra durante muitos séculos como o livro das verdades absolutas, ele moldou o pensamento da cultura judaico-cristã neste domínio. Deus tinha sido o responsável pela criação da Terra e da vida no nosso planeta e esta afirmação era uma verdade que não podia, nem devia ser contestada, mesmo que algumas contradições pudessem ser evidentes. Associado a todo este contexto estava, como ainda hoje está, o conhecimento. Quem detivesse as fontes do saber era quem controlava ou influenciava o poder, mesmo que o não exercesse directamente. Esta questão é claramente posta em evidência na parábola sobre a criação do Homem no livro do Génesis.

Nesta parábola, Deus alerta Adão para os malefícios de comer o fruto da árvore do conhecimento existente no jardim do Éden, dizendo-lhe: *“Podes comer de todas as árvores do jardim. Mas não podes comer da árvore do conhecimento do bem e do mal, porque no dia em que dela comeres, com certeza morrerás”* (2). É um facto que o homem comeu o seu fruto como nos relata a própria Bíblia, mas para isso foi necessário a intervenção de outros dois protagonistas: a serpente e Eva. Na conversa entre a serpente e esta, o livro do Génesis relata as razões que levaram a este acontecimento: *“É verdade que Deus disse não deveis comer de nenhuma árvore do jardim ? A mulher respondeu à serpente: nós podemos comer dos frutos das árvores do jardim. Mas do fruto da árvore que está no meio do jardim, Deus disse: não comereis dele nem lhe tocareis, de contrário morrereis. Então a serpente disse à mulher: não, não morrereis. Mas Deus sabe que, no dia em que comerdes o fruto, os vossos olhos abrir-se-ão e tornar-vos-eis como deuses, conhecedores do bem e do mal”*. E assim sucedeu. Eva *“viu que a árvore tentava o apetite, era uma delícia para os olhos e desejável para adquirir discernimento. Pegou no fruto e comeu-o; depois deu-o também ao marido que estava com ela, e ele também comeu. Então abriram-se os olhos aos dois ...”* (2). Mas a abertura para o conhecimento não foi do agrado de Deus que, após ter condenado a serpente a rastejar e a comer o pó pelo resto da sua vida, referindo-se ao acto praticado por Eva, pronunciou as palavras que vieram a consubstanciar todo o posicionamento e o desenvolvimento de preconceitos sociais em relação à mulher: *“Multiplicarei grandemente a tua dor, e a tua conceição; com dor parirás filhos e o teu desejo será para o teu marido, e ele te dominará”* (1). É evidente que Adão não podia sair ileso desta sentença e nesse sentido Deus disse ao homem: *“Já que deste ouvidos à tua mulher e comeste da árvore cujo fruto Eu te tinha proibido comer, maldita seja a terra por tua causa. Enquanto viveres, dela te alimentarás com fadiga: A terra produzir-te-à espinhos e ervas daninhas, e comerás a erva dos campos. Comerás o teu pão com o suor do teu rosto, até que voltes para a terra, pois dela foste tirado. Tu és pó, e ao pó voltarás”* (2).

Os tempos mudaram, mas a realidade actual mostra que a evolução das mentalidades ainda não consegue acompanhar a evolução do conhecimento. Deus foi substituído pelo

“Big-Bang”, o evolucionismo destronou a intemporal e arquetípica visão criacionista da vida, mas o medo de abrir as portas da “casa do conhecimento” ainda continua presente em muitos de nós, como um verdadeiro estigma a exemplo do que sucedeu com a caixa de Pandora. Por vezes esquecemo-nos que, mesmo nesta, a Esperança também estava presente, não tendo sido apenas libertados todos os males que existiam no mundo.

### *À procura de outras verdades*

As contradições existentes na Bíblia, a evolução das mentalidades e o desenvolvimento do conhecimento científico, levaram vários pensadores a interrogar-se sobre a verdade estabelecida em relação à origem da vida, isto é, que a vida teria tido origem a partir duma entidade divina (Criador Supremo) que dera origem a todos os seres vivos e não vivos existentes na Terra (teoria criacionista). Surgiram, então, outras teorias, entre as quais salientamos, a cosmozóica ou da panspermia, a da biogénese e a da abiogénese ou da geração espontânea. Em relação a esta última valerá a pena focarmos um pouco a nossa atenção, pois ela influenciou de forma significativa o desenvolvimento da sociedade ocidental, tendo sido mesmo adoptada como doutrina científica oficial para a interpretação da origem e evolução da vida, fundindo-se com os conceitos criacionistas defendidos pela Igreja.

A ideia de que a vida teria origem a partir da matéria inerte é tão antiga como o próprio conhecimento humano e estendeu-se desde a Antiguidade até quase à actualidade. Assim se estabeleceu a teoria da geração espontânea, cujas bases se devem ao filósofo grego Aristóteles (séc IV a.C.). Não deixa de ser irónico que, os fundamentos filosóficos e científicos que o cristianismo defendeu durante séculos relativos a esta matéria, tenham sido baseados em textos provenientes dum filósofo politeísta. No século XVII iniciaram-se os debates científicos entre os defensores da teoria da geração espontânea e os seus opositores. Estes debates arrastaram-se até à segunda metade do século XIX, envolvendo numerosos autores entre os quais salientamos Francesco Redi (o primeiro a contestar, em 1668, a teoria da geração espontânea através de diversas experiências que mostraram que as larvas que apareciam na carne em putrefacção provinham dos ovos de moscas e não da

própria carne) e Lazzaro Spallanzani (3,4). Este último investigador, que viveu no século XVIII, foi um forte opositor das conclusões tiradas por vários autores, entre os quais Georges Leclerc (conde de Buffon) e John Needham sobre a existência de geração espontânea nos microorganismos descobertos um século antes por Antoni Van Leeuwenhoek, através das observações feitas utilizando um novo instrumento óptico que se revelaria fundamental para o conhecimento do mundo biológico - o microscópio -. Finalmente, Louis Pasteur em 1862 demonstrou de forma inequívoca que o desenvolvimento de organismos num meio previamente esterilizado era devido à contaminação por microorganismos presentes no ar. Esta descoberta foi precedida por um intenso debate entre Pasteur e Félix Pouchet, que publicara em 1859 um livro intitulado “Hétérogénie ou Traité de la Génération Spontanée”. Podemos dizer que Pouchet foi o último representante oficial dos investigadores que defendiam a geração espontânea.

A teoria da geração espontânea necessitava dum conceito ou dum princípio que lhe permitia explicar o inexplicável. Tratava-se do conceito de “força vital”. Pensava-se que a diferença entre o mundo vivo e mundo mineral era dada pela existência da referida “força”. Isto implicava que os compostos orgânicos seriam impossíveis de sintetizar a partir de compostos minerais ou inorgânicos. A síntese da ureia por Frieddrich Wohler em 1828 veio provocar a primeira grande fractura no vitalismo, tendo posteriormente este conceito sido completamente desacreditado, após a síntese química do ácido acético em 1845 por Hermann Kolbe.

Em 1859 é publicado o livro de Charles Darwin “On the Origin of Species by Means of Natural Selection or the Preservation of Favored Races in the Struggle for Life”, o qual teve um impressionante impacto científico, social e religioso. Darwin, conjuntamente com Alfred Wallace, foram os responsáveis pela grande revolução que a biologia iria sofrer, introduzindo o conceito de evolução (3). Nada seria como dantes. Segundo esta teoria, todos os organismos actuais seriam o resultado duma longa evolução biológica a partir dum organismo primitivo muito simples. Para explicar a origem da vida era, no entanto, necessário encontrar um explicação para o aparecimento desse ser inicial. Nesse sentido, o evolucionismo indicava o caminho, mas não a solução para esse aparecimento.

Apesar de nunca ter publicado nenhum texto sobre esta matéria, Darwin em carta datada de 1871 e enviada a um amigo, faz algumas considerações que reflectem o seu interesse sobre o assunto e sobretudo traduzem conceitos próximos daqueles que, anos mais tarde, viriam a ser desenvolvidos e publicados por Oparin e Haldane (5). Essas considerações passavam pela evolução química em condições diversas das existentes na actualidade.

### *A vida, essa desconhecida ... ou talvez não?*

A definição de vida não é uma tarefa fácil de estabelecer. De alguma maneira, podemos dizer que existem várias definições de vida consoante a perspectiva e especialidade dos autores que a definem. De uma forma geral, podemos considerar a vida como um sistema complexo, contendo uma grande número de informações, capaz de se duplicar e evoluir, caracterizado pela presença de um processo reprodutor, pela existência de metabolismo próprio, pela presença de homeostasia e pela sua luta contante contra o equilíbrio termodinâmico, isto é, contra a morte. No entanto, talvez a definição mais abrangente e eventualmente mais atraente de vida tenha sido dada por Jacques Monod no seu livro “Le Hasard et la Nécessité” quando refere que “*la vie est une propriété des objets doués d’un projet*” (6).

Mas como surgiram as primeiras formas de vida ? Os procariontes são os organismos que, provavelmente, apresentam as características mais semelhantes às dos primeiros seres vivos que se formaram no nosso planeta. A sua estrutura celular bastante simplificada, mas no entanto eficiente, apresenta capacidades adaptativas notáveis que permitiram e permitem a estes organismos a ocupação dos mais diversificados habitats.

O nosso planeta formou-se provavelmente há cerca de 4,6 mil milhões de anos, tendo as rochas mais antigas conhecidas a datação de 3,96 mil milhões de anos e localizam-se no Canadá (5). Recentemente, foi detectado em rochas com 3,8 mil milhões de anos isótopos de carbono, sugerindo que a fixação do carbono e eventualmente a fotossíntese estivessem já presentes. No entanto, os fósseis mais antigos encontrados datam de há cerca de 3,5 mil milhões de anos e foram descobertos na África do Sul e na Austrália,

apresentando natureza procarionte. Os microfósseis encontrados no continente australiano são característicos duma comunidade procariótica de organismos fotoautotróficos bastante diversificada e complexa, provavelmente do tipo cianobactéria. Nessa altura o nosso planeta tinha já 1 a 1,2 mil milhões de anos, segundo cálculos aproximados, baseados no estudo da desintegração de isótopos radioactivos (5)

Neste contexto, temos evidência da existência de vida há cerca de 3,8 mil milhões de anos, a presença de rochas com a datação de 3,96 mil milhões de anos e condições de habitabilidade no nosso planeta há cerca de 4,4 mil milhões de anos (5). No entanto, para que tudo isto pudesse funcionar era necessário, entre as condições de habitabilidade existentes, a presença de água no estado líquido. A necessidade de um solvente líquido é fundamental para o desenvolvimento de vida. Isto relaciona-se com a necessidade da existência dum meio adequado onde possam ocorrer reacções químicas, já que um solvente líquido, como a água, apresenta características estruturais que permitem o fácil desenvolvimento de interacções a nível molecular, ao contrário do que sucederia com um sólido ou com um gás. Além dum solvente, a vida no nosso planeta caracteriza-se igualmente pela existência duma química baseada no carbono. No entanto, nada nos permite generalizar que a combinação carbono / água seja a base da vida em todo o universo. Podemos, eventualmente, especular sobre a existência de formas de vida que podem utilizar amoníaco em vez de água e silício em vez de carbono. Devido às propriedades específicas destes compostos, a vida nesses planetas seria naturalmente bem diferente da que conhecemos na Terra (7). Dos já numerosos planetas descobertos fora do nosso sistema solar, quem sabe se alguns não terão uma bioquímica diferente da existente na Terra ?

Para o desenvolvimento de vida não é apenas necessário a existência duma química compatível. Outros factores são fundamentais para que esse acontecimento possa ocorrer. Entre eles temos a temperatura. Este é um factor crítico em todo o processo que conduz ao desenvolvimento de vida, permitindo, nomeadamente, a existência de água no estado líquido. Assim, a estrela central dum sistema solar deve ter dimensões consideradas pequenas, ser quente e encontrar-se numa fase estável de produção de energia que

permita garantir condições climáticas regulares. No entanto, devemos ter em atenção outros factores que podem alterar o que tradicionalmente se considerou designar de zona habitável. Entre esses factores salientamos a eventual existência dum solvente líquido diferente da água e a existência de outras fontes de calor, como sucede com as fontes hidrotermais no nosso planeta, que possibilitam o desenvolvimento de vida onde teoricamente a mesma não devia existir. Outros factores também desempenham papel importante, salientando-se a acção gravitacional e o tipo de atmosfera presente no planeta, nomeadamente quando a mesma pode provocar o efeito de estufa.

Tudo parece indicar que as primeiras manifestações de vida surgiram muito mais rapidamente do que até agora se tinha pensado e, provavelmente, numa forma mais abrupta e menos gradual e mesmo em condições muito pouco favoráveis. Aliás, é provável que a vida tenha surgido diversas vezes e que tenha sido destruída, nomeadamente aquando do bombardeamento intensivo por asteróides e cometas a que o nosso planeta esteve sujeito durante cerca de 200 ou 300 milhões de anos. Isto significa que a Terra há cerca de 4,4 mil milhões de anos tinha a sua crosta solidificada, continha água e apresentava condições ambientais para o desenvolvimento de vida. Tendo como base estes dados, existe um período de cerca de 400 milhões de anos em que não existem vestígios fósseis, que corresponderia ao período do provável aparecimento da vida (5).

Em termos evolutivos, é essencial compreendermos quais as primeiras moléculas que se teriam formado em condições abióticas e que continham informação essencial para o desenvolvimento. Tudo parece apontar para os ácidos nucleicos, os quais teriam tido primazia relativamente às proteínas. Assim, para alguns geneticistas, esses ácidos nucleicos devidamente estruturados possuiriam a capacidade potencial de “viver”, em virtude da sua aptidão para codificar proteínas, desenvolver autorreplicação e ser objecto de mutação. A aquisição de uma membrana envolvente e o desenvolvimento de catalizadores são considerados, como sucessos evolutivos posteriores.

Apesar desta hipótese não ter grande suporte em termos dos dados experimentais até agora obtidos sobre a origem da vida, a verdade é que estudos recentes apontam para uma

maior importância dos ácidos nucleicos no processo inicial do desenvolvimento biológico. Assim, o RNA parece ter sido o primeiro ácido nucleico a surgir, já que este forma curtas cadeias espontaneamente, em ambientes semelhantes aos que existiam na Terra primitiva, enquanto que o DNA não se forma espontaneamente nestas circunstâncias. Sabe-se igualmente que o RNA se liga temporariamente a sítios específicos, catalizando certas reacções na célula viva na ausência de enzimas. A descoberta desta actividade catalítica do RNA veio alterar substancialmente as nossas ideias sobre o processo evolutivo; como as relações entre os ácidos nucleicos e as proteínas são numerosas, durante muito tempo foi suposto que estes dois tipos de moléculas biológicas teriam evoluído simultaneamente. Assim, se o RNA primitivo possuísse funções catalíticas, além da capacidade de armazenamento de informação, este tipo de ácidos nucleicos poderia funcionar sem DNA e proteínas, quando a vida surgiu (7). É provável que este mecanismo tenha existido nos processos iniciais da formação das células primitivas funcionando como elemento aglutinador da informação genética. Ulteriormente, o RNA terá originado DNA, possivelmente por transcrição inversa, molécula esta muito mais estável e destinada a funcionar como arquivo seguro da informação genética da célula.

No entanto, esta hipótese denominada de "mundo de RNA" e que surgiu pela primeira vez em 1986, merece igualmente alguns comentários, já que vários dos seus pressupostos parecem ser de difícil concretização. O primeiro relaciona-se com a própria formação deste ácido nucleico. Embora a síntese artificial de RNA seja um facto, a sua concretização é difícil e a probabilidade de formação espontânea desta molécula em condições pré-bióticas deve ter sido bastante fraca. O próprio processo de síntese do açúcar constituinte deste ácido nucleico - a ribose - origina igualmente outros açúcares que inibem a síntese do RNA. Por outro lado, a presença de fósforo a nível dos ácidos nucleicos continua a ser questão em aberto, já que este elemento é relativamente raro na natureza. Por fim, após a síntese do RNA, a replicação *in vitro* deste ácido nucleico é um processo complexo que decorre ao longo de numerosas etapas e sempre com o envolvimento directo do experimentador.

Recentemente, dados relacionados com a síntese de uma nova molécula orgânica capaz de se replicar de forma autónoma atraíram a atenção dos investigadores nesta área. Trata-se do éster triácido de aminoadenosina (ETAA) que apresenta uma estrutura e comportamento semelhantes, quer aos ácidos nucleicos, quer às proteínas. Esta nova molécula, quando colocada numa solução de clorofórmio, serve de molde à síntese de novas moléculas de ETAA, ou permite que a partir dos seus elementos individualizados novas moléculas deste éster se formem de maneira espontânea. No entanto, a replicação demasiado precisa destas moléculas, sem que ocorra qualquer tipo de variação na sua estrutura, bem como as condições demasiado artificiais em que este processo ocorre, parecem ser dois importantes obstáculos ao relacionamento desta molécula com a origem da vida.

### *Serão os primeiros compostos orgânicos de origem extraterrestre?*

Apesar de durante muitos anos se acreditar que os primeiros constituintes orgânicos terrestres se teriam formado nos oceanos primitivos do nosso planeta, diversas evidências parecem apontar para que, de igual modo, uma síntese exógena dessas moléculas tenha ocorrido, nomeadamente quando da formação do sistema solar. Este processo continuaria, igualmente, a ocorrer em regiões específicas da nossa galáxia.

Os modelos ditos endógenos relativamente à síntese de compostos orgânicos, foram inicialmente equacionados independentemente por Aleksandr Oparin em 1924 e por John Haldane em 1927. Segundo estes autores a evolução biológica teria sido precedida por uma evolução química. Oparin formulou um modelo em que os compostos orgânicos seriam resultado da acção de descargas eléctricas sobre a atmosfera primitiva terrestre, originando o conhecido “caldo ou sopa primitiva” -. A atmosfera proposta por Oparin não continha oxigénio, sendo de natureza redutora. Em 1953, Stanley Miller (então estudante de doutoramento na Universidade de Chicago) e Harold Urey, o seu orientador, conseguem produzir em laboratório aldeídos, ácidos carboxílicos e sobretudo aminoácidos, a partir de uma mistura de gases (metano, amoníaco, hidrogénio e vapor de água), a qual fora submetida a descargas eléctricas. A presença de água no estado líquido

era igualmente fundamental para a formação dos referidos compostos. Neste sentido, os primeiros sistemas biológicos seriam o resultado da evolução progressiva de compostos orgânicos presentes na Terra primitiva no seio do “caldo ou sopa primitiva”. Com esta experiência iniciou-se um novo domínio experimental, o da química pré-biótica (5, 7). Apesar destes resultados, existem actualmente fortes evidências que a atmosfera primitiva presente em Vénus, Terra e Marte seria diferente da proposta por Miller-Urey, sendo os gases dominantes provavelmente constituídos por dióxido de carbono, monóxido de carbono, azoto e vapor de água. Os gases utilizados na referida experiência seriam característicos das atmosferas de planetas como Júpiter, Saturno, Urano e Neptuno (11).

No entanto, a descoberta de meteoritos com grandes concentrações de carbono e argilas, como o de Orgueil (França, 1864), o de Murchison na Austrália (1969) e o de Allende no México (1969), no qual foram descobertos numerosos aminoácidos, veio alterar de forma significativa as noções sobre a síntese abiótica de compostos orgânicos no nosso planeta. É evidente que a simples presença de aminoácidos nos meteoritos não significaria que os mesmos tivessem tido origem fora do nosso planeta. A existência desses aminoácidos poderia ser resultado de um processo de contaminação. No entanto, os estudos relativos às propriedades ópticas destes compostos revelaram-se surpreendentes, já que ao contrário dos aminoácidos sintetizados pelos organismos terrestres, que são levogiros, estes apresentam-se metade constituídos por aminoácidos levogiros e a outra metade por compostos dextrogiros. De igual modo, estes aminoácidos respeitam as proporções esperadas para as reacções químicas abióticas. Estes resultados parecem demonstrar que a hipótese dos modelos endógenos (síntese de aminoácidos na hidrosfera primitiva) não foi a única via para a síntese dos compostos orgânicos formados em condições abióticas (5). Assim, é possível considerar que muitos dos aminoácidos existentes nos oceanos primitivos tivessem sido libertados por um processo de hidrólise efectuado a nível dos meteoritos ou dos cometas quando em contacto com a água. Isto poderia levar a admitir, em última análise, que os primeiros constituintes orgânicos da Terra não teriam sido formados nos oceanos primitivos do nosso planeta, mas sim no espaço. No entanto, e baseando-nos em todos os dados já obtidos, é provável que os dois processos (endógeno e exógeno) tenham coexistido no mesmo cenário de evolução.

## *Exobiologia e a origem da vida*

A ideia da existência de vida extraterrestre é bastante antiga. Encontramo-la na Grécia antiga, tendo este conceito sofrido várias modificações e alterações ao longo dos séculos. Vários autores, entre os quais, Christiaan Huygens, Emmanuel Kant e Goethe defenderam-no, mas foi sobretudo com os trabalhos de Camille Flammarion, no decurso da segunda metade do século XIX, que a ideia se generalizou. No século XX, a partir de meados da década de 40 surge o termo astrobiologia associado à escola Russa. O termo exobiologia foi introduzido no início da década de 60 por Joshua Lederberg, um geneticista americano Prémio Nobel da Medicina em 1958 e responsável pela componente biológica do Programa Apollo (5,7). O significado inicial destes conceitos restringia-se ao estudo da vida fora do nosso planeta, mas cedo evoluiu para uma perspectiva mais abrangente, englobando o estudo da vida na Terra e em outros planetas. Nesse sentido, esta área da ciência caracteriza-se por ser necessariamente interdisciplinar, com o envolvimento de diversos domínios que vão desde a biologia, química, física, astronomia, geologia até às suas várias interfaces. No âmbito desta ciência inclui-se, nomeadamente, o estudo das condições pré-bióticas que existiram no nosso planeta e a natureza das reacções químicas que conduziram à formação da vida.

Diversos autores tiveram, como já referimos, um papel fundamental para o estabelecimento e desenvolvimento da exobiologia como ciência. Salientemos, pelo seu contributo, os trabalhos pioneiros de Oparin, Haldane, Urey e Miller que, duma forma clara, lançaram as bases científicas para a compreensão da formação de compostos orgânicos em condições abióticas. Esta primeira fase foi fundamental para ultrapassar a barreira do cepticismo e da dúvida face à possibilidade de formação de compostos orgânicos na ausência de organismos vivos. E foi sobretudo, graças à experimentação, que essa etapa foi ultrapassada, lançando novos desafios e levantando novas questões.

A descoberta de moléculas orgânicas, nomeadamente aminoácidos e hidrocarbonetos, em alguns meteoritos encontrados no nosso planeta, a existência de compostos orgânicos em

cometas e em diversas regiões do espaço interestelar, têm vindo a alterar de forma profunda a nossa visão do mundo e do universo em relação à questão da origem da vida. De igual modo e talvez de forma ainda mais premente, as recentes descobertas do que parecem ser microfósseis associados aos meteoritos ALH84001 (Allan Hills, Antártida, 1984), Nakhla (Egipto, 1911) e Shergotty (Índia, 1865) (8,9) provenientes de Marte, e nos meteoritos de Murchison e Allende (10), cuja origem se situa fora do nosso sistema solar, bem como o desenvolvimento da investigação e tecnologia espaciais, permitem-nos hoje antever o estudo das condições ambientais em outros planetas, como verdadeiros laboratórios experimentais do que eventualmente se terá passado ou poderá vir a passar na Terra. No mesmo sentido, a existência de microorganismos terrestres que vivem em condições ambientais extremas pode ajudar-nos a contruir um modelo da vida em alguns desses ecossistemas não terrestres (5,7).

Concomitantemente, as missões espaciais que foram, estão ou irão ser efectuadas a diversos planetas do nosso sistema solar, permitem-nos recolher novos dados, obter respostas e colocar novas questões. Estes estudos passam pelo conhecimento das condições ambientais nesses planetas e nos seus satélites, pela descoberta de eventuais novas formas de vida e pela tentativa de compreender a sua evolução ou extinção nesses ecossistemas. Talvez o maior desafio técnico e científico, a curto prazo, se localize no planeta Marte, o qual terá tido condições de vida semelhantes às da Terra, nomeadamente a presença de água no estado líquido e eventualmente a existência de vida (11). Aliás, os dados provenientes da Missão Viking que, em 1976, fez aterrar no solo marciano duas sondas, nunca foram claramente refutados, quando diversos desses dados apontavam para a detecção de uma actividade biológica (11). Nesse domínio, o coordenador do programa, Gilbert Levin, tem defendido de forma insistente a veracidade dessa informação com base nos dados obtidos nas experiências realizadas pela sonda Viking (11).

Em conclusão, podemos afirmar que os estudos desenvolvidos e os resultados obtidos no domínio da exobiologia ou da astrobiologia deverão ser considerados como elementos reguladores da nossa própria dimensão no universo, com as inevitáveis consequências na

maneira como o Homem se posiciona no complexo sistema cosmológico de que faz parte e naturalmente na relação que estabelece com o nosso planeta.

### *Referências bibliográficas*

- (1) “A Bíblia Sagrada, contendo o Velho e o Novo Testamento, com referências e na margem algumas palavras segundo o hebraico e o grego”, 1903. João Ferreira d’Almeida (tradução), Lisboa.
- (2) “Bíblia Sagrada - Edição Pastoral”, 1997. 3ª Ed..Edições PAULUS, São Paulo.
- (3) Ronan, C.A., 1983 - “The Cambridge Illustrated History of the World’s Science”. The Press Syndicate of the University of Cambridge (ed), New York.
- (4) Harris, H., 1999 - “The Birth of the Cell”. Yale University Press (ed.), London.
- (5) Awramik, S., 1997 - “Astrobiology and the Origins of Life”. BioForum (<http://www.gene.com/ae/bioforum/bf02/awramik/toc.html>).
- (6) Monod, J., 1970 - “Le Hasard et la Nécessité: Essai sur la philosophie naturelle de la biologia moderne”. Éditions du Seuil, Paris.
- (7) Klyce, B., 1999 – “Cosmic Ancestry” (<http://www.panspermia.org/>).
- (8) McKay D. S., Gibson E. K. Jr., Thomas-Keprta K. L., Vali H., Romanek C. S., Clemett S. J., Chillier X.D. F., Maechling C. R., and Zare R. N., 1996 – “Search for past life on Mars: Possible relic biogenic activity in martian meteorite ALH 84001”. *Science*, **273** : 924-930.
- (9) McKay D. S., Wentworth, S.W., Thomas-Keprta, K., Westall, F. and Gibson, E. K. Jr., 1999 - “Possible bacteria in Nakhla”. *Proceedings of the Lunar and Planetary Science Conference*, March 15 -19, Houston, Texas.
- (10) Hoover, R. B., 1997 -"Meteorites, Microfossils, and Exobiology," in Instruments, Methods, and Missions for the Investigation of Extraterrestrial Microorganisms, Richard B. Hoover (ed.), *Proceedings of SPIE*, **3111**: 115-136.
- (11) DiGregorio, B.E., 1997 - “Mars : The Living Planet”. Frog, Ltd. (ed.), Berkeley.



1

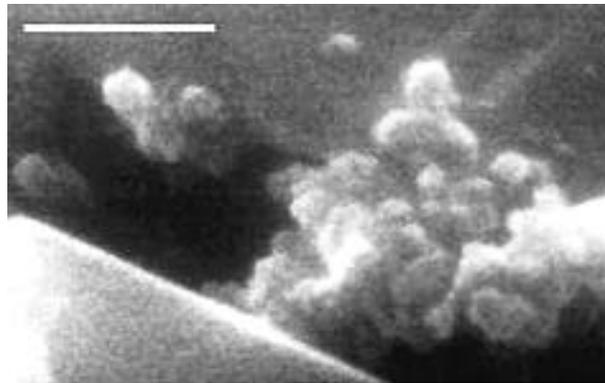


2

**Meteorito de Murchison:** 1- fragmento do meteorito (*in* New England Meteoritical Services – NEMS Homepage); 2- estrutura em forma de bastonete observada no meteorito, provavelmente um microfóssil (*in* Hoover, 1997).

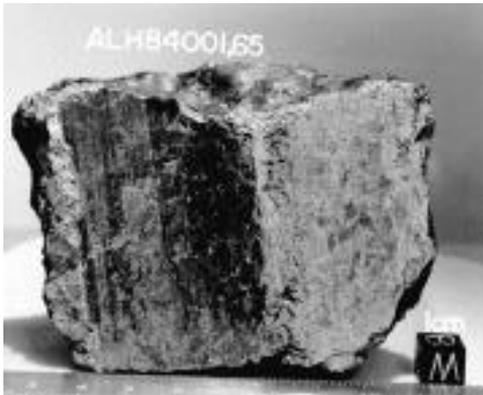


1

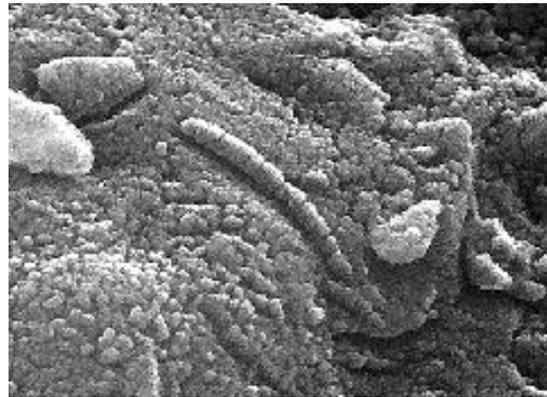


2

**Meteorito de Allende:** 1- fragmento do meteorito (*in* New England Meteoritical Services – NEMS Homepage); 2- conjunto formado por pequenas estruturas ovais ou esféricas, correspondendo a prováveis bactérias fossilizadas (*in* Klyce, B., 1999 – Cosmic Ancestry Homepage).



1

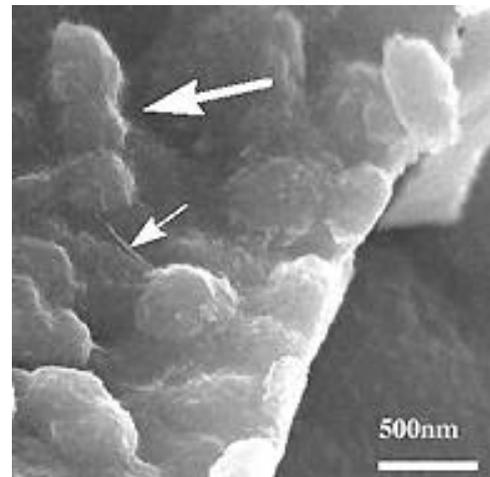


2

**Meteorito ALH84001:** 1- fragmento do meteorito (*in Meteorites from Mars, Johnson Space Center Homepage*); 2- estrutura segmentada com forma alongada e observada no meteorito, considerada pelos autores como um microfóssil (*in McKay et al., 1996*).



1



2

**Meteorito de Nakhla:** 1- fragmento do meteorito (*in Meteorites from Mars, Johnson Space Center Homepage*); 2- conjunto de pequenas esferas semelhantes a bactérias em divisão (seta grande), verificando-se a presença dum fino filamento (seta pequena), provável reminiscência de fibrilas bacterianas (*in McKay et al., 1999*).