DOI: 10.5007/2175-7941.2010v27nespp685

ASTROBIOLOGIA: ÁGUA E VIDA NO SISTEMA SOLAR E ALÉM[+*1]

Jorge A Quillfeldt
Departamento de Biofísica
Instituto de Biologia – UFRGS
Porto Alegre – RS

Resumo

Após algumas considerações metodológicas e uma breve contextualização histórica (SETI), descrevemos os três principais impulsos à atual disciplina da exo / astrobiologia – as extremófilas, a descoberta do exoplanetas e os dados levantados por diversas sondas não-tripuladas em todo o sistema solar. A seguir, apresenta-se uma revisão dos principais achados referentes à presença de água - ongelada ou líquida – em nosso sistema planetário, resenhando-se as principais tendências da área para os próximos anos.

Palavras-chave: *Astrobiologia / exobiologia; vida extraterrestre; água no sistema solar; missões astronáuticas não-tripuladas; extremófilas; exoplanetas; método científico; SETI.*

Abstract

After some methodological considerations and a brief historical background (SETI), we describe the three main impulses to the

[+] Astrobiology: Water and Life in the Solar System and beyond

* *Recebido: junho de 2010.*
Aceito: junho de 2010.

[1] Palestra pelo Ano Internacional da Astronomia, UFSC, Florianópolis, 30/03/2010.

present discipline of exo / astrobiology – extremophyles, the discovery of exoplanets, and the data gathered by several unmanned probes in the solar system. An overview of recent findings concerning the presence of frozen or liquid water in our planetary system is presented, and the main trends for the following years, summarized.

Keywords: *Astrobiology / exobiology; extraterrestrial life; water in the solar system; unmanned astronautical probes; extremophyles; exoplanets; scientific method; SETI.*

Para essa abóbada imensa
a que chamas céu
não tentes levantar teus olhos
implorantes,
Não duvides de que ela gira
como tu e eu,
impotente.
Rubayat - quadra LII
Omar Khayyam

A angústia da solidão num cosmo imenso faz-se presente na poesia, como neste verso de Khayyam. A pergunta que tem atormentado o homem desde tempos imemoriais é: estamos sós no universo? Como respondê-la adequadamente?

I. Fazer ciência

A experiência humana, antes do advento da ciência moderna, limitava-se às experiências sensoriais básicas; o mundo era o mundo que se podia ver, tocar, ouvir e cheirar. Tudo o mais era mistério, o desconhecido, o... invisível! Invisível *porque muito pequeno* (o microcosmo) ou porque *muito grande*, logo, distante (o macrocosmo). Nosso contato com o sol, a lua, os planetas e a noite estrelada foram, por séculos, meramente visuais, e tardou muito antes que pudéssemos extrair dali mais que simples observações a olho nu. A regularidade dos movimentos da esfera celeste permitiu a construção de calendários e a previsão das melhores épocas para o plantio, mas foi somente em 1609 que começamos a olhar "mais de perto" essa concavidade assombrosa que é o céu. Há 400 anos nascia, pelas mãos do mesmo

Galileu Galilei, a Astronomia e a própria ciência moderna. A invenção do telescópio trouxe, para a nossa realidade sensorial, incontáveis detalhes que antes não víamos. E a luz visível representa apenas uma pequena fração do espectro eletromagnético, que inclui também o infravermelho, o ultravioleta, o rádio (e a TV), as microondas, o radar, os raios-X e os raios gama: Hoje dispomos de equipamentos que nos permitem "ver" em todos esses diferentes comprimentos de onda, e as informações espectrométricas obtidas com eles, juntamente com modelos teóricos dos sistemas físicos (corpos interagindo, gases, radiações, reações nucleares e químicas, etc.) nos permitem "ver além" do registrável. Teorias científicas são como óculos muito especiais, fazendo da ciência moderna o olhar mais completo possível sobre a realidade material do mundo. Tudo isso é fruto do método racional de elaboração e comprovação de hipóteses sob contínuo escrutínio de uma comunidade de pares / cientistas – aquilo que chamamos de "Método Científico".

Ocasionalmente, nosso contato com esse vasto universo pode dar-se de forma mais direta. Tátil, inclusive. É o caso, por exemplo, da queda de meteoritos, cujos restos podemos tocar e examinar.

II. Tocando o céu

"Estrelas cadentes" foram observadas desde sempre, e interpretações supersticiosas ou divinas sempre estiveram associadas a essas perturbações na fixidez dos céus. Mas a ciência acabou explicando esses corpos celestes, cuja real origem (o espaço) era, surpreendentemente, considerada impossível até muito recentemente, em 1795. Pensava-se tratar de ejeções feitas por vulcões distantes. Em 1959 foi recuperado, pela primeira vez, um meteorito, cujo local de queda fora calculado a partir de fotos do bólide tiradas por duas câmeras diferentes. Em 2009 – exatos 50 anos depois – o mesmo foi feito para um pequeno asteroide de aproximadamente 5m, cuja existência, porém, fora detectada *antes da entrada na atmosfera*! Pela primeira vez uma pedra do espaço foi encontrada antes de cair na terra: o asteroide denominado 2008 TC3, foi descoberto em 6 de outubro de 2008, teve sua trajetória de queda prevista para ocorrer apenas 20 horas mais tarde... seu rastro foi seguido por diferentes instrumentos, e, apesar de o bólide não ter sido fotografado – foi apenas avistado pela tripulação de um avião que fora alertada para onde olhar num determinado momento – as marcas de sua queima na atmosfera foram registradas. Sua queda deu-se exatamente como calculado, às 2h45 da madrugada de 07/10/2008, no deserto do Sudão. Peter Jenniskens, do Instituto SETI de Mountain View, Califórnia, e Muawia Shaddad, da Universidade de Khartum, recuperaram

fragmentos do bólide, e esse achado resultou na matéria da capa da prestigiosa revista *Nature,* lançada em 29 de março de 2009[2].

De certa forma, esse notável feito da ciência completa mais um ciclo, e demostra, mais uma vez, que teorias científicas acerca do que venha a existir lá fora tendem a ser corretas.

III. Vida extraterrestre

Tais fatos nos trazem de volta à fascinante questão da vida extraterreste. O fato mais relevante acerca desse assunto é que, até o presente momento[3], (1) não temos conhecimento de nenhuma demonstração crível acerca da existência de vida em outros astros, nem no sistema solar, nem alhures. Esse pequeno, mas decisivo "detalhe" é a primera coisa que devemos levar em conta quando discutimos cientificamente a possível existência (ou não) da vida extraterrestre. Claro que a maioria de nós espera poder dizer o contrário algum dia, mas por ora não dispomos de evidências nesse sentido. Felizmente, é verdade que a "ausência de evidência não é, por si, evidência de ausência" total de vida extraterrestre. De qualquer modo, temos muito trabalho pela frente.

A atual ciência da *Astrobiologia* – ou *Exobiologia*, seu nome mais antigo – parte desse e de outros três fatos-chave: (2) toda a vida conhecida na Terra parece compartilhar exatamente os mesmos componentes moleculares básicos – 20 aminoácidos nas proteínas e 4 nucleotídeos no código genético, sugerindo uma população ancestral comum a todos nós; (3) a *Hipótese Exobiológica* (como prefiro chamá-la) de que a vida pode ter surgido em outro lugar e de forma independente da terrestre que conhecemos, é, em si, testável empiricamente, isto é, experimentalmente; (4) a Exobiologia, até o presente momento, só possui 1 (um) objeto real de estudo em todo o Universo conhecido, a Vida Terrestre. Tudo considerado, essa nova área da ciência tem amplas perspectivas desde que se atenha a "manter os pés no chão", ou seja, trabalhar em cima do que é bem conhecido para buscar evidências: por exemplo, não podemos sair muito longe do triunvirato "carbono – água líquida – atmosfera". É algo conservador, claro, mas é um ponto de partida consis-

---

[2] A presente palestra foi apresentada no auditório da Reitoria da UFSC na noite de 30 de março de 2009, ou seja, no dia seguinte a esta ribombante notícia.

[3] Esse fato, válido para a data desta palestra (30/03/2009), continua valendo quando escrevemos este texto, em, 03/07/2010. A paciência é a principal virtude exigida pela ciência da astrobiologia.

tente, pois só conhecemos vida à base de carbono (átomo com grande versatilidade estrutural), em contextos que inexoravelmente contenham água líquida (o solvente universal ideal) e, para tanto, sob atmosferas com certa pressão barométrica mínima (superfícies planetárias).

O fato de a Astro/Exobiologia ainda não dispor de um "objeto de estudo" bem definido ou conhecido (um exemplar de ET) não implica em menor cientificidade da mesma, pois para ser ciência é necessário apenas que existam hipóteses razoáveis e que estas sejam testadas mediante o chamado *método científico*. Outras áreas da ciência também demoraram para comprovar suas hipóteses (a curvatura do espaço-tempo, os neutrinos e os quarks, etc.) e algumas ainda estão tentando (por exemplo, as ondas gravitacionais).

IV. Exobiologia: em busca das civilizações extraterrestres

Em termos de enfoque científico bem definido, essa área de investigação iniciou-se em 1959, quando se definiu a primeira versão da hipótese exobiológica: se existir vida inteligente na forma de uma civilização tecnológica, esta certamente conhecerá o espectro eletromagnético e, em particular, empregará as ondas de rádio nas telecomunicações; sendo assim, e como desde os anos de 1920 existia a chamada *radioastronomia* – que estuda corpos celestes nesse domínio das emissões eletromagnéticas – capaz de "escutar" possíveis transmissões oriundas de pontos restritos no céu, como, por exemplo, estrelas – já é possível captar sinais de rádio emitidos pelas mesmas, tenham estes sido emitidos acidental ou intencionalmente (COCCONI; MORRISON, 1959). O programa SETI (sigla inglesa para "Busca por Civilizações Extraterrestres") envolvendo radioescutas dirigidas começou no mesmo ano, sendo desenvolvido até hoje. É bem verdade que ainda não se encontrou nada promissor, mas a busca envolve diversas dificuldades técnicas (e de apoio financeiro) apenas recentemente superadas: receptores para bilhões de diferentes frequências – pois não sabemos qual o melhor "candidato" – e computadores potentes para analisar os dados. Muita ironia foi destilada contra esse empreendimento, especialmente pela comunidade biológica que, até então, tinha uma visão bastante pessimista sobre o tema: a vida era considerada um fenômeno muito incomum, raro, acidental, por ser altamente frágil e instável. Como poderia se manifestar fora de confortáveis ambientes como a superfície terrestre?

A busca por tais supostas civilizações extraterrestres, tão presentes em nosso imaginário cinematográfico, continua até hoje. Aos mais críticos, recordamos a recomendação que Cocconi e Morrison fizeram ao final de seu artigo: "pode

ser que não haja nada para se encontrar, mas se não tentarmos, nunca saberemos". A grande novidade na última década foi o projeto SETI@home que, tentando solucionar um problema causado pela falta de recursos financeiros, acabou levando à criação do conceito de "computação distribuída", que provê recursos computacionais em escala antes inimaginável apenas aproveitando o tempo ocioso de computadores pessoais conectados à internet.

V. Três impulsos para a moderna astrobiologia

Durante essas duas décadas iniciais, essa ciência era mais conhecida como "Exobiologia", sendo seus principais proponentes, astrônomos e físicos. A resistência dos biólogos, porém, começou a ceder a partir do final dos anos 1970, quando foram descobertos os *extremófilos*, microorganismos vivendo em condições impossíveis para a maioria de nós: altas pressões/profundidades, altas (ou baixas) temperaturas, acidez, alcalinidade e/ou salinidade elevados, radiação ionizante em excesso, etc. Ampliaram-se os horizontes acerca do que era biologicamente verossímil, e a vida desceu definitivamente do pedestal da fragilidade rumo à planície dos fenômenos potencialmente ordinários. Era o começo da atual fase em que essa ciência é mais universalmente denominada "Astrobiologia".

Nessa mesma época, a corrida espacial estendeu-se para pontos mais longíquos, não só Marte e Vênus (explorados progressivamente desde os anos 1960), mas também Júpiter, Saturno e suas muitas luas, os asteroides e outros corpos remotos. A astronáutica nos levou a muitos lugares no Sistema Solar e aprendemos continuamente o que há lá e em que condições. A astronáutica é essencialmente a principal técnica para desmonstrarmos se existe vida extraterrestre, pelo menos no Sistema Solar.

Se os extremófilos da investigação astronáutica do Sistema Solar impulsionaram fortemente a emergência da moderna Astrobiologia, apenas mais recentemente uma última barreira foi rompida: a descoberta dos exoplanetas, planetas verdadeiros orbitando outras estrelas. Pode parecer incrível, mas o primeiro exoplaneta só foi confirmado experimentalmente em 1995, porque só então dispúnhamos das condições técnicas necessárias para essa façanha. Detectar corpos minúsculos que não emitem luz própria e estão muito próximos de sua estrela, ofuscados por ela, não é fácil. Já existem, porém, quatro ou cinco métodos de detecção indireta e alguns deles, inclusive, já foram até fotografados (sem muitos detalhes, é verdade). Um problema é que, por enquanto, apenas planetas gigantes são detectáveis, mas, à medida que a tecnologia evoluir, chegaremos a corpos de dimensões seme-

lhantes ao nosso planeta, quando as perguntas mais interessantes poderão começar a ser respondidas. Telescópios operam com menos obstáculos quando estão no espaço, em órbita, livres da atmosfera terrestre, e já existe pelo menos dois deles basicamente dedicados a essa busca, o *CoROT* (ESA) e o *Kepler* (NASA). Hoje temos pelo menos 455 exoplanetas descritos e catalogados[4] (veja em <http://exoplanet.eu/catalog.php>). E dizer que há 410 anos, em 17 de fevereiro de 1600, Giordano Bruno ardeu na fogueira por advogar, entre outras coisas, a "pluralidade dos mundos habitados"...

O que poderá ser descoberto em futuros telescópios interferométricos espaciais, observando no infravermelho, deve complementar o rol de achados já acumulados por essa frota de exploradores automáticos, porém a visitação *in situ* desses astros está, por ora, completamente fora de nosso alcance. Estamos confinados ao nosso bom e velho Sistema Solar, felizmente repleto de lugares interessantes para se investigar.

VI. A busca de água no sistema solar

Como dissemos, a busca de vida deve partir de bases conhecidas, e o ingrediente mais promissor é a presença de água, de preferência água líquida. Hoje sabemos que a água é uma molécula onipresente no universo, até porque está formada por dois dos átomos mais abundantes que há, o hidrogênio e o oxigênio. Há nebulosas de (vapor de) água no espaço e a molécula também está presente em vários corpos do Sistema Solar. A existência de água no estado líquido depende de duas coisas: da pressão atmosférica acima de 6 milibares e de temperaturas entre 0 e 100°C. Esse segundo quesito depende do tipo de estrela e da distância em que o planeta a orbite, definindo um "cinturão" ou uma faixa conhecida como "zona de habitabilidade". No Sistema Solar, a Terra está dentro dessa zona, e, segundo alguns autores, também Marte. Em exossistemas planetários – e hoje já conhecemos 364[5] deles – interessa mais procurar planetas de menor porte, do tipo "terrestre", localizados nessa zona, pois ali é mais provável a existência de um planeta habitável.

A busca de água no Sistema Solar tem obtido achados fascinantes na última década, que resenhamos a seguir:

---

[4] A quantidade de exoplanetas comprovados aumenta constantemente: quando ministramos essa palestra, há pouco mais de um ano, em 30/03/2009, eles eram apenas 344!

[5] Conforme busca realizada em 03/07/2010 no sítio <http://exoplanet.eu/catalog.php>.

• as evidências de água na Lua (na forma de gelo, pois não há atmosfera significativa lá) são basicamente inconclusivas, embora desde os anos 60 se especule que restos de cometas impactados possam ter deixado algum gelo, por exemplo, dentro de crateras em regiões da Lua onde o sol nunca incide; algum vapor de água foi detectado pela missão *Apollo 14* (1971), e novas evidências indiretas foram fornecidas pelas sondas *Clementine* (NASA, 1984) e Lunar Prospector (NASA, 1998). A sonda *Lunar Reconnaissance Orbiter* (NASA), lançada em junho de 2009, trouxe dados mais concretos sobre presença de gelo em uma determinada região, mas em concentrações tão baixas que a intrerpretação dos dados segue duvidosa;

• a atmosfera de **Mercúrio** contém átomos de Hélio, Sódio, Oxigênio e Potássio, mas nenhuma água havia sido detectada até que a sonda *Messenger* (NASA, 2004), para surpresa de todos, encontrou traços da molécula na exosfera do planeta; talvez haja gelo na face escura / "fria" do planeta – mercúrio exibe rotação aprisionada, mais ou menos como a Lua em relação à Terra;

• há alguma água em **Vênus**, mas apenas na forma de vapor, devido ao fato de possuir a superfície mais quente que a de qualquer planeta no Sistema Solar (inclusive a de Mercúrio, que está bem mais próximo do Sol): um brutal efeito estufa em sua atmosfera composta de 96% de CO_2 e a inexistência de um ciclo de carbonatos-silicatos (bem como tectônica de placas) faz com que a temperatura chegue a mais de 460°C na superfície, enquanto a pressão é de até 93 atmosferas; algumas sondas (*Mariners/Pioneers da NASA* e *Veneras* da URSS) e mais recentemente a *Pioneer Venus Orbiter & Multiprobes* (NASA, 1978) foram enviadas a Vênus, inclusive descendo à superfície; a sonda espacial Magalhães fez, entre outras coisas, um mapeamento por radar da superfície do planeta; interessante notar que a pressão atmosférica a 50-65Km de altura é semelhante à da Terra, e recentemente tem-se hipotetizado a possibilidade de existirem microorganismos em suspensão nessa região; quanto à água, detectou-se 0.002% de vapor d'água em sua atmosfera, mas também verificou-se a contante erosão da mesma por fotólise UV na alta almosfera seguida da remoção dos íons pelo vento solar;

• **Marte**, o mais promissor "Laboratório Exobiológico" do Sistema Solar, tem uma atmosfera também composta de 95% de CO_2, mas com uma pressão de 0,007 atmosferas não se espera encontrar água líquida em sua superfície atualmente; especula-se que, num passado muito remoto, há mais de 3 bilhões de anos, Marte possa ter tido uma atmosfera mais densa e, quiçá, água líquida; as sugestões de atividade hidrológica passada na superfície remontam às primeiras fotografias tiradas por sondas ainda nos anos 1960 (sondas Mariner), e só têm sido corroboradas por registros visuais e outros mais recentes obtidos por sondas orbitais como a *Mars Global Surveyor* (NASA, 1989), 2001 *Mars Odyssey* (NASA) e *Mars Express* (ESA, 2003). A primeira demonstração indireta da existência de água em Marte foi obtida em 28 de maio de 2002 pela *Mars Odyssey*, detectando neutrons lentos que sugeriam a presença de um significativo lençol aquático sob a superfície, próximo ao pólo norte do planeta; a seguir, em 18 de janeiro de 2004, a europeia *Mars Express* confirmou espectrometricamente (UV) a presença de água junto com gelo seco (CO2 sólido) no pólo sul; no mesmo ano, a sonda-robô geológico *Opportunity* (NASA) confirmou *in loco* a presença de grãos de hematita (como anteriormente sugerido por medições da *Mars Global Surveyor*), cujo mecanismo de formação, tanto quanto se sabe, é a precipitação em águas correntes, mornas e rasas... em 31 de julho de 2008 outra sonda de superfície, a *Phoenix*, escavou e comprovou diretamente a presença de gelo mesclado ao solo poeirento de Marte – o *permafrost* – nas vizinhanças do pólo norte; isto não só reforça a possibilidade de vida em Marte no passado, mas também será de grande utilidade como apoio a futuras missões tripuladas àquele planeta;

• a superfície dos planetas gigantes – **Júpiter, Saturno, Urano e Netuno** – não é muito promissora devido às inimagináveis pressões capazes de manter o hidrogênio e o hélio em estado líquido e até metálico, porém, suas luas podem ser consideradas *habitats* em potencial – o que, inclusive, distorce o conceito original de "zona de habitabilidade"... das 63 luas de Júpiter, **Europa** e **Calixto**, dois dos 4 grandes "satélites galileanos" descobertos em 1609, são os mais interessantes por estarem possivelmente cobertos com uma camada de gelo; a calota glacial de Europa, por exemplo, pode chegar a 160 km

de espessura, com a possibilidade de que exista, por baixo dela, um oceano de água salgada (a maré gravitacional causada por Júpiter pode estar produzindo atividade geotérmica, o que manteria derretido o gelo junto a sua superfície (outra lua galileana, Io, por exemplo, foi surpreendida em plena atividade vulcânica pela sonda *Voyager 1* em 1979); supõe-se possível a existência de vida nas proximidades de fumarolas submarinas semelhantes àquelas que existem nos oceanos terrestres e que são habitadas por ecossistemas extremofílicos;

• Saturno tem mais de 200 luas, sem falar nos anéis, mas dentre as 61 luas com órbitas confirmadas, **Titã** (com mais de 90% de toda massa em órbita do planeta principal) e **Encelado** apresentam dados curiosos: Titã tem uma atmosfera com densidade semelhante à nossa, com 1,5 atmosferas de pressão, porém com temperaturas da ordem de –200°C a água só pode ser encontrada em estado sólido; a propósito, crê-se que seja um dos "minerais" mais abundantes na superfície daquela lua, como mostram fotografias obtidas pela sonda de superfície *Huyguens* (que viajou com a sonda orbital *Cassini* – NASA, 2004, ainda em operação), enquanto moléculas como o metano e o etano em estado líquido poderiam formar rios e lagos; não se espera (em princípio) encontrar vida em Titã, mas esse é talvez um excelente laboratório para estudos de origem da vida no Sistema Solar, uma vez que, sendo tão frio e distante do Sol, funcionou como uma "cápsula do tempo", retendo minerais, gases e materiais orgânicos exatamente como deveriam ser na época da formação da Terra e do Sistema Solar há 4,6 bilhões de anos; em Encelado, outra lua recoberta por gelo, a sonda *Cassini* flagou, em 10 de março de 2006, a ejeção de geiseres, sugerindo a presença de atividade geotérmica e mesmo a possibilidade de bolsões de água líquida sob a superfície visível;

• pouco sabemos sobre as 27 luas de **Urano**, embora a maior delas, Titânia, a oitava maior lua do sistema solar, pareça conter gelo mesclado com rochas;

• **Tritão**, a maior lua de **Netuno** e sétima maior do sistema solar, foi visitada brevemente pela sonda *Voyager 2*, em 1989, e tem uma superfície composta por 55% de nitrogênio congelado, 15-35% de gelo de água e 10-20% de gelo seco (CO_2), exibindo alguma atividade geotérmica, uma vez que foram observados geiseres (possivelmente de nitrogênio);

- há muito que se supõe que os **cometas** contenham água congelada junto com gelo seco, incluindo matéria orgânica coletada durante sua condensação; o primeiro cometa visitado por uma sonda espacial foi o Halley (*Giotto*, ESA, 1986), seguido pelo cometa Borelly (*Deep Space 1*, NASA, 2001); em janeiro de 2004 a sonda *Stardust* (NASA, 1999) coletou partículas diretamente da coma do cometa Wild 2 trazendo-as de volta à Terra em janeiro 2006, numa verdadeira façanha tecnológica; em julho de 2005 a sonda *Deep Impact* (NASA) colidiu com o cometa *Tempel 1*, liberando ejetos que foram analisados espectroscopicamente em grande detalhe e mostrando que, nos cometas, a maior parte da água congelada estaria sob a superfície;

- as primeiras fotos de **asteroides** *em close* foram obtidas pela sonda *Galileo* (NASA, 1989) entre 1991 e 1993, mas melhores registros foram obtidos pelas sondas *Deep Space 1*, em 1999, e *Stardust*, em 2002, que fotografaram de perto, durante suas viagens, os asteroides 9969 Braille e 5535 Annefrank, respectivamente; a primeira sonda inteiramente dedicada a esses corpos celestes foi a *NEAR Shoemaker* (NASA, 1996), que fotografou o asteroide 253 Mathilde em 1997 e entrou em órbita de 433 Eros, sobre o qual pousou em 2001; o último contato desse tipo ocorreu em setembro de 2005, quando a sonda japonesa *Hayabusa* (JSA) começou a estudar o asteroide 25143 Itokawa, do qual trará amostras de volta à terra em breve; em setembro de 2007, a NASA laçou a missão *Dawn,* que irá entrar em órbita de **Ceres**, hoje classificado como planeta- anão (juntamente com Plutão), e, mais tarde, do asteroide 4 Vesta.

Esse pequeno apanhado de inúmeras missões interplanetárias é apenas o começo de uma grande busca, e estamos aprendendo muito estudando tantos astros assim, de perto, com o emprego de sondas automáticas: essas missões astronáuticas são como extensões de nossos braços por todo o Sistema Solar, que possivelmente seja tudo que venhamos a explorar em detalhe e, quiçá, visitar pessoalmente, por muito tempo. Como vimos, água líquida em condições estáveis apenas encontramos na Terra, sendo que nos demais lugares – Marte, Europa, Calixto, Titã, Encelado, Tritão e os cometas e asteroides – essa molécula, sempre que comprovada, encontra-se no estado sólido, congelada. Isso certamente dificulta a busca por vida extraterrestre semelhante à que conhecemos, pelo menos viva no presente, porém pode haver evidências de vida no passado), mas não podemos dizer que isso nos desestimule: a água está lá, e esse é um ótimo começo.

A busca de vida extraterrestre na ótica da moderna Astrobiologia aceita a possibilidade de vida microscópica, unicelular, mas considera improvável a existência de organismos multicelulares como animais (e menos ainda se forem seres inteligentes com civilização tecnológica). É o conceito da "Terra Rara", brilhantemente exposto no clássico de Ward e Brownlee "Sós no Universo?" ("Rare Earth" – ver bibliografia). Trata-se de uma concepção herdada do velho pessimismo dos biólogos, mas isso não impede de a Astro/Exobiologia avançar paralelamente em pelo menos três grandes frentes, a SETI, o estudo dos planetas extrassolares e a astrobiologia experimental do sistema solar.

Há um importante senão, contudo: mesmo que descubramos microorganismos em outro corpo do Sistema Solar, ainda teremos de provar que tal forma de vida não se originou na terra num passado recente ou remoto, tendo depois se deslocado até aquele lugar... Tal possibilidade perturbadora é conhecida como hipótese da "panspermia balística" e, se bem conseguir demonstrar a existência de vida extraterrestre, pode não comprovar o surgimento de vida independente da terrestre, o que nos condenaria a continuarmos com N=1.

Bibliografia

BARCELOS, E. D. **Telegramas para Marte**: a busca científica de vida e inteligência extraterrestres. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2001.

BERGREEN, L. **Viagem a Marte**: A busca da Nasa por vida fora da Terra. Rio de janeiro: Editora Objetiva, 2002.

COCCONI, G.; MORRISON, P. Searching for Interstellar Communication. **Nature**, v. 184 (4690), p. 844-6, 1959.

MASSAMBANI, O.; MANTOVANI, M. (Orgs.). **Marte**: Novas Descobertas. São Paulo: IAG/USP, 1997.

WARD, P. D.; BROWNLEE, D. **Sós no Universo? Por que a vida inteligente é improvável fora do planeta Terra**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2000.

Para um maior aprofundamento

BRACK, A. (Ed.). **The molecular origins of life**: assembling pieces of the puzzle. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.

DARLING, D. **Life Everywhere**: The Maverick Science of Astrobiology. New York: Basic Books, 2001.

GOLDSMITH, D.; OWEN, T. **The search for life in the Universe**. 3. ed. Sausalito: University Science Books, 2002.

HORNECK, G.; BAUMSTARK-KHAN, C. (Eds.). **Astrobiology**: the quest for the condition of life. Berlin: Springer-Verlag, 2002.

JAKOSKY, B. **The search for life on other planets**. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.

LUNINE, J.. **Astrobiology**: a multi-disciplinary approach. Benjamin Cummings Editorial, 2004.

SULLIVAN III, W. T.; BAROSS J. (Eds). **Planets and Life**: the emerging science of Astrobiology. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.