

## Em busca de Vida para além da Terra

Ana Suzett Hipólito, Diana Filipa Martins, João Paulo Pimentel<sup>1</sup>

### Resumo

Desde sempre que o Homem é fascinado pelos planetas, tendo-os venerado como deuses na antiguidade. Hoje em dia são motivo de fascínio não como divindades mas como possíveis hospedeiros de Vida.

Em 1969, o Homem pisou pela primeira vez a Lua. As palavras proferidas por Neil Armstrong “*Um pequeno passo para o Homem, um salto gigantesco para a Humanidade*” são uma verdade indiscutível: desde a conquista da Lua que o Homem se vê com outros olhos. A Terra vista do espaço fez o Homem pensar que não é mais que um simples habitante, talvez não solitário de um Universo infinito.

Todos os planetas do nosso sistema solar tiveram origem numa nebulosa de onde também se terá formado a estrela do nosso sistema solar, o Sol. No início o sistema solar era um local inabitável com temperaturas altíssimas e com variações repentinas nas suas condições físico-químicas. De todo esse caos nasceu o nosso Planeta a Terra, que é actualmente o único planeta conhecido capaz de originar Vida, graças as suas características únicas como a distância ideal ao Sol, a existência de água em estado líquido e atmosfera. Mas será que em todo o cosmos apenas existe um único planeta que reúna todas as condições para a vida? Isto é o que a astrobiologia tenta responder, e a medida que a tecnologia evolui a resposta parece mais perto. Alias, locais como Marte, Europa e Titã são mais promissores para a procura de Vida. As investigações realizadas no âmbito da procura de novos planetas são extremamente complexas e usam técnicas sofisticadas como o método de Doppler. A cada ano que passa são descobertos cada vez mais exoplanetas, inclusive alguns potenciais candidatos a existência de Vida. Estaremos cada vez mais próximos de descobrirmos que não estamos sós neste Universo?

### Introdução

A teoria actualmente mais aceite sobre a formação do Sistema Solar é a de que o Sol e os planetas se formaram a partir de uma nuvem de gases e poeiras, designada por nebulosa. Devido a fenómenos de condensação da matéria, o núcleo desta nuvem foi aquecido gradualmente e a nuvem começou a rodar. No núcleo a temperatura terá aumentado milhões de graus. Desta forma ter-se-iam desencadeado reacções termonucleares, por fusão de hidrogénio. Após milhares de anos em rotação a velocidade da nuvem foi sendo cada vez mais rápida o que conduziu a que se começasse a achatar. Muitas das partículas da nebulosa aglutinaram-se no centro e formaram uma estrela, o Sol. No interior do Sol as reacções termonucleares continuaram até aos dias de hoje. As partículas que rodeavam o Sol foram-se concentrando-se nas zonas internas, onde as temperaturas eram mais elevadas, tendo aí ocorrido a condensação de matéria, o que levou à formação dos planetas telúricos de elevada densidade, na zona externa da nuvem; onde as temperaturas eram mais baixas ocorreu condensação de matéria semelhante a do Sol, que culminou nos planetas gasosos de menor densidade.

Durante os primórdios do Sistema Solar as condições reinantes eram inóspitas e caracterizavam-se por acentuada instabilidade e modificações rápidas. Ocorreu simultaneamente um intenso bombardeamento dos corpos grandes (planetas ou protoplanetas) pelos corpos pequenos, também condensados a partir da nébula solar, e capturados pelo campo gravítico dos corpos

---

<sup>1</sup> Escola Secundária/3 de Vila Verde

grandes. Havia ainda as perturbações e ajustamentos frequentes das órbitas dos planetas resultantes dos impactos violentos e da formação na vizinhança dos novos elementos [1,2].

Os quatro planetas gigantes diferem visivelmente dos quatro planetas internos em tamanho e em composição. Os planetas gigantes são grandes e compostos principalmente de hidrogénio e hélio em forma gasosa e fluida, enquanto os planetas internos são pequenos, rochosos, densos e pobres em hidrogénio. Visto que os planetas gigantes são compostos principalmente de hidrogénio e hélio, assemelham-se ao Universo em grande escala. Os planetas internos são claramente diferentes: apesar dos elementos do Universo serem maioritariamente hidrogénio e hélio, a Terra, Marte, Vénus e Mercúrio são objectos rochosos em que estes dois elementos mais leves sofreram uma forte depleção. Os planetas internos nunca se tornaram suficientemente grandes para atraírem e suportar hidrogénio e hélio; estes planetas internos permanecem então pequenos. Desenvolveram uma atmosfera secundária de gases que foram libertados durante a sua formação e a sua subsequente história geológica, acrescentada pelos elementos voláteis que chegaram dos impactos dos cometas e meteoritos. Porém, na parte mais externa do Sistema Solar, os núcleos massivos formados de material gelado poderiam capturar hidrogénio e hélio da nébula solar para os seus arredores. Tornaram-se constantemente maiores, isto é, os gigantes que se conhecem hoje, com atmosferas primitivas que é rica em hidrogénio e hélio. Tudo isto demonstra a diferença básica entre os planetas internos e os externos do Sistema Solar.

## **A Vida**

### **Definições de vida**

Os progressos da Ciência relativamente à tentativa de compreender a origem da vida na Terra, bem como as experiências laboratoriais sobre a origem da vida e a grande importância actualmente dada à Astrobiologia na procura de vida fora da Terra contribuíram de uma forma significativa para a necessidade dum resposta à questão filosófica: “O que é a vida?”[3]

Um grande número de definições de vida tem sido proposto, tendo sido apresentadas cerca de 80 definições no Workshop Internacional sobre a Vida, sendo algumas delas controversas e nenhuma de uso corrente. Entretanto, ao definir vida alguns autores encontram a mesma dificuldades admitindo que “a existência da vida tem de ser considerada como um facto elementar que não pode ser explicado, mas tem de ser tomado como um ponto de partida em Biologia” [4].

Como nenhuma das definições satisfaz na sua globalidade, vários têm sido os autores a discutirem este problema. Assim, a definição deverá:

- a) ser totalmente coerente com os conhecimentos actuais de Biologia, Química e Física;
- b) evitar redundâncias e ser auto-consistente;
- c) possuir elegância conceptual e forte poder explicativo (isto é, deve fornecer uma melhor compreensão da natureza da vida, conduzindo a nossa procura das suas origens e da sua subsequente manutenção e desenvolvimento);
- d) ser universal (no sentido que deve discriminar entre o necessário e características contingentes da vida, seleccionando apenas o anterior);
- e) ser mínima mas suficientemente específica (isto é, deverá incluir apenas aqueles elementos que são comuns a todas as formas de vida – não sendo, em princípio, restrito à vida na Terra – e, ao mesmo tempo, tem de avançar com um critério operacional nítido para distinguir o vivo do inerte, esclarecendo os casos de fronteira, contribuindo para determinar os biomarcadores, etc.).

Embora sejam de difícil alcance, estas cinco cláusulas são os requisitos mais abrangentes e aconselháveis para a elaboração de um conceito de vida consistente. Para os investigadores da NASA: “Vida é um sistema químico auto-suficiente capaz de sofrer evolução darwiniana” [5,6].

Há muitas teorias para a origem na vida na Terra, presentemente, decorre que a Vida poderá ter emergido em qualquer outro lugar do Sistema Solar, sendo depois transportada de planeta em

planeta, incluindo o nosso. Ainda a pouco tempo havia a crença de que qualquer expressão de Vida necessitava de condições ambientais suaves para que os seus delicados materiais e mecanismos biológicos pudessem manter-se intactos e operacionais. Porém, à medida que foram sendo descobertas novas formas de vida nos locais mais inóspitos, com a resistência que alguns deles apresentam a condições desfavoráveis, o modelo da panspermia vai reganhando consistência e credibilidade. A Astrobiologia mantém-se atenta, explorando na Terra todos os locais de vida extrema que possam assemelhar-se às condições às condições de físico-químicas de ambientes entretanto descobertos no espaço exterior ao nosso planeta. Deste modo, está a Terra a servir como laboratório para experimentar a possibilidade de sobrevivência nos planetas e outros corpos planetários nossos vizinhos. Entretanto, enquanto esses corpos são paulatinamente explorados na sua geografia, geologia e clima por missões espaciais progressivamente avançadas, também mais se vai aprendendo sobre a química que floresceu no início do Universo e, por semelhança, possivelmente em todo o Cosmos.

E quais são as condições para a existência de Vida?

A definição de vida utilizada pela NASA, mencionada anteriormente, é útil porque faz referência directa aos princípios químicos, que são bem conhecidos na Ciência. Sob esta definição, estes princípios geram uma hierarquia de requisitos necessários para a existência de vida.

a) Desequilíbrio termodinâmico

Onde quer que exista na Terra um desequilíbrio termodinâmico, os organismos parecem ter adaptado um metabolismo diferente para dele tirarem o melhor proveito. Mas todos esses organismos precisam de estar em desequilíbrio. É fácil encontrar um ambiente de desequilíbrio termodinâmico no Cosmos. Qualquer ambiente nas redondezas de uma reacção de fusão nuclear, como acontece no Sol, não estará em equilíbrio termodinâmico. Deste ponto de vista, uma característica universal da vida é a cadeia alimentar que começa com um organismo autotrófico que converte os fótons de uma estrela em desequilíbrio químico. Porém, outros desequilíbrios podem ser encontrados dentro dos planetas. Por exemplo, os núcleos atômicos mais pesados, emitidos numa supernovae, não estão em equilíbrio termodinâmico. O decaimento desses núcleos é uma fonte potente de ambientes de desequilíbrio planetário. O decaimento radioactivo leva à tectónica e ao vulcanismo na Terra. Estes criam os ambientes de desequilíbrio em muitas áreas, tais como os “*black smokers*” no fundo dos oceanos. O conseqüente desequilíbrio energético suporta a vida apesar da ausência de energia solar directa [7].

Sabendo que a energia geotérmica pode ser facilmente colocada na base de uma cadeia alimentar, David J. Stevenson (1999) referiu que planetas pequenos semelhantes à Terra poderiam ser ejectados durante a formação dos sistemas solares e que poderiam suportar vida a partir da energia geotérmica [8]. Dependendo da frequência destas ejeções, tais planetas poderiam manter uma vasta diversidade de vida na nossa galáxia.

b) Ligações

Dos oitenta e três elementos estáveis na Natureza, quatro, apenas, constituem mais de 95% da matéria viva: hidrogénio, carbono, oxigénio e azoto. Estes quatro elementos são os mais abundantes no Universo, com a excepção de dois gases inertes (hélio e néon) que não formam compostos químicos estáveis. Pelo contrário, os quatro elementos mais abundantes na Terra são: silício, ferro, magnésio e oxigénio. Isto quer dizer que a composição da matéria viva assemelha-se mais à das estrelas do que à do planeta onde a encontramos [7].

c) Isolamento dentro do ambiente

Muitos autores têm discutido a necessidade de isolamento ser um aspecto essencial para a evolução. Muitos trabalhos recentes no âmbito de sistemas moleculares passíveis de alcançar o isolamento, centram-se nos lipossomas e noutras estruturas semelhantes às membranas que formam bicamadas lipídicas encontradas nos seres terrestres. Este tipo de compartimentação tem por base a imiscibilidade líquido/líquido e o efeito hidrofóbico.

#### d) Metabolismo

Uma das propriedades que determinam se um “objecto” está vivo é o metabolismo. Todos os seres vivos precisam de algum nível de metabolismo para poderem sobreviver e lutar contra a entropia [10].

#### e) O solvente

Há séculos que a fase líquida é conhecida como facilitadora das reacções químicas. As reacções químicas podem ocorrer em fase gasosa bem como em fase sólida, mas ambas possuem desvantagens em relação à fase líquida. A água surge então como sendo um requisito essencial para a vida na Terra, que parece existir apenas nas condições onde ela é líquida. Assim, os extremófilos que vivem no fundo dos oceanos a uma temperatura acima dos 373 K fazem-no por causa das altas pressões a que se encontram, o que mantém a água líquida. Presumidamente, as bactérias dos gelos da Antártida precisam de derreter a água para crescerem [7,11].

A água também limita as estruturas das biomoléculas que contêm carbono e também os seus subsequentes metabolismos. Para a vida usar o poder da água como solvente, muitas biomoléculas têm de ser solúveis em água.

#### f) Bases dos nucleótidos de DNA

As quatro bases dos nucleótidos seguem uma regra simples (adenina emparelha com timina, guanina emparelha com a citosina). Por sua vez estas seguem duas regras de complementaridade: complementaridade de tamanho (grandes purinas com pequenas de pirimidinas) e complementaridade de pontes de hidrogénio (dadores de pontes de hidrogénio com aceitadores de pontes de hidrogénio) [7]. Dado que estas duas regras de complementaridade têm capacidade de criar sistemas genéticos artificiais sob estas condições padrão da Terra, podiam também criar sistemas sob condições extremas.

Para Benner e seus colegas, a vida poderia existir numa vasta gama de ambientes. Isto inclui sistemas de solventes não aquosos a baixas temperaturas. A vida poderia também existir em ambientes mais exóticos, tais como misturas de dihidrogénio e hélio em estados super-críticos encontrados nos planetas gigantes gasosos. Para estes investigadores, os únicos requisitos fundamentais para existir vida são: um desequilíbrio termodinâmico e temperaturas consistentes com as ligações químicas.

Todos estes requisitos são possíveis de ser encontrados no planeta Terra, devido às suas características. Então o que torna afinal a Terra um planeta tão especial sendo o único planeta conhecido a albergar Vida?

### **Condições para a existência de vida**

Para analisar a possibilidade de existência de vida no Sistema Solar, é preciso saber quais as condições que favorecem a sua ocorrência.

Sabendo que a Terra é o único planeta conhecido com vida e compreendendo os factores que favorecem a sua existência, os cientistas fazem uma extrapolação desses factores para outros planetas. As características que fazem de um planeta um sistema com vida são:

- Tamanho da estrela, com uma emissão constante e estável de radiação. Se houver variação de emissão de radiação, desequilibrará a temperatura dos planetas que giram em redor da estrela;
- Órbita circular, com distância constante relativamente à estrela;
- Existência de uma porção mínima de elementos metálicos, mais pesados que o H ou He, pois é neles que se baseia a vida (carbono, azoto e oxigénio);
- Abundância de elementos precursores de moléculas orgânicas (H, He, O, C, N);
- Abundância de água, que é um bom solvente, estável num determinado intervalo de temperaturas e importante para a formação de atmosfera;
- Abundância de hidrogénio. A sua perda e sua posterior união a outros elementos levarão à criação de uma atmosfera redutora, permitindo o aparecimento de vida;
- Existência de um substrato rochoso, que permite a fixação de organismos.

## Zona de habitabilidade

Ao longo do tempo houve uma evolução do Sistema Solar no que concerne às propriedades físico-químicas. Cada planeta do Sistema Solar apresenta características próprias. Destes planetas, a Terra é o único conhecido, até hoje, que suporta vida. Tendo em conta as condições para a existência de vida e as características dos planetas do Sistema Solar foi delimitada uma zona em que será possível existir a vida.

Em 1993, J.F. Kasting e seus colegas realizaram cálculos sobre os parâmetros climatéricos de alguns dos planetas interiores, nomeadamente, Terra, Vénus e Marte, para estimar a zona de habitabilidade (HZ) à volta do Sol, que contém água líquida. Estes autores calcularam também o tamanho da zona de habitabilidade contínua (CHZ – Continuously Habitable Zone), que definiram como sendo a região que permanece habitável por um período de tempo finito. A zona de habitabilidade e a zona de habitabilidade contínua à volta da maioria das estrelas semelhantes ao Sol.

Para o Sol, os limites estimados para a CHZ correspondem aos da ausência de água que é aproximadamente à distância de 0,95 UA (Unidade Astronómica) e um certo lugar entre 1,37 e 2,4 UA, dependendo da quantidade do aquecimento fornecido pelas nuvens de gelo de dióxido de carbono [12,13].

As temperaturas à volta de uma estrela definem a sua zona de habitabilidade. Os planetas que têm a sua órbita muito perto da estrela serão demasiado quentes para as moléculas poderem resistir e, deste modo para as interações complexas produzirem vida. Ao contrário, os planetas que estão muito longe da estrela não poderão manter a vida baseada em água no estado líquido; assim é improvável que as moléculas complexas da vida se formem aí. Estes requisitos fixaram o limite interno da zona de habitabilidade do Sistema Solar exactamente exterior à órbita de Vénus e o seu limite externo, exterior a órbita de Marte. Contudo, além da zona de habitabilidade criada pelo calor da estrela, talvez exista à volta de planetas tais como Júpiter, que aquece os seus satélites mais próximos por meio das interações de marés que neles produz [9].

Terra e Marte possuem as temperaturas adequadas por causa das suas distâncias ao Sol; Europa (lua de Júpiter) e Titã (lua de Saturno) possuem líquidos devidos ao aquecimento interno. Em Vénus, a presença de um intenso efeito de estufa destruiu o que podia ter sido um planeta agradável, enquanto que a pequena massa de Marte poderá ser a razão por que a água líquida já não existe neste planeta. Europa e Titã merecem claramente uma investigação mais aprofundada e podem ainda manifestar a existência de vida no oceano subcrustal [9,11].

Assim, para além da Terra, existem no mínimo três locais no Sistema Solar onde poderiam ser encontrados possíveis pistas de como a vida originou; eles são, Marte, Europa e Titã [14].

## Vida em Marte

A história primordial de Marte é muito parecida com a da Terra. Estudos detalhados das imagens da superfície de Marte, recolhidas da órbita da Mariner 9, das Viking 1 e 2 e da Mars Global Surveyor, revelaram evidência convincente de que a água líquida se manteve estável na superfície de Marte, confirmando a presença de uma atmosfera capaz de desacelerar os micrometeoritos carbonáceos [11,14,15].

Marte primitivo era provavelmente mais quente e mais húmido e a sua pressão atmosférica era consideravelmente mais elevada do que é actualmente. Da perspectiva biológica existiram muitas semelhanças entre a Terra primitiva e Marte primitivo [11,14].

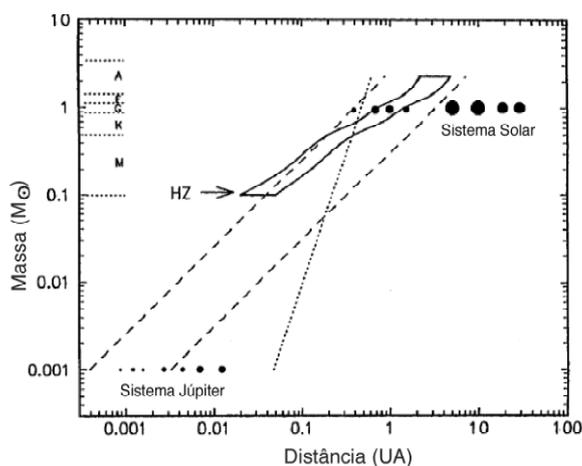


Figura 1- Sequência de Zona de Habitabilidade à volta de vários tipos de estrelas [12].

A mais forte evidência da existência de água líquida tem a ver com o conjunto de canais de fundo de rios secos existentes em Marte. Não se conhece muito bem quais foram as condições climáticas necessárias para a formação de redes de vales. A mais plausível explicação é a da existência de uma camada atmosférica de dióxido de carbono relativamente densa (1-5 bars) nos primórdios da história de Marte, levando a um aumento do efeito de estufa, o que teria permitido à temperatura média da superfície global permanecer acima do ponto de congelação da água. As missões Viking 1 e 2 foram planeadas para esclarecerem a questão da existência de vida em Marte. Foram seleccionadas três experiências para detectar a actividade metabólica, tais como: fotossíntese, nutrição e respiração de potenciais comunidades microbianas do solo marciano. Para André Brack [16] os resultados destas experiências foram ambíguos. Apesar de terem sido obtidos resultados “positivos”, por GC-MS não foi encontrado carbono orgânico no solo marciano. Sendo assim, foi concluído que a explicação mais plausível para estes resultados seria a presença, na superfície de Marte, de oxidantes altamente reactivos, tal como peróxido de hidrogénio que teriam sido produzidos fotoquimicamente na atmosfera. Desta forma, processos fotolíticos directos poderiam ter sido responsáveis pela escassez de compostos orgânicos na superfície de Marte [14,17].

A maioria dos meteoritos SNC (Shergotty, Nakhla e Chassigny) datam de 1,3 mil milhões de anos e conseqüentemente possuem as características que Marte tinha nessa data. Um destes meteoritos, o EETA79001, foi encontrado na Antárctica, em 1979. Em 1996 McKay e seus co-autores [18] referiram a presença de HAPs, glóbulos de carbonatos e traços de grânulos que podem constituir relíquias de actividade biogénica em Marte. Ainda que a evidência de vida primitiva marciana no ALH84001 esteja longe de ser conclusiva, os dois meteoritos contêm moléculas orgânicas, sugerindo que a matéria orgânica necessária para o aparecimento de uma vida primitiva pode ter estado presente na superfície de Marte. A. Brack é de opinião de que os microrganismos poderão ter-se desenvolvido em Marte até ao desaparecimento da água líquida [11,17].

Análises feitas a estes meteoritos sugerem que Marte se formou com uma maior fracção de água do que a Terra, o que apoia a teoria segundo a qual em Marte primitivo existiu água em quantidades substanciais. Se a água líquida era estável na superfície de Marte e na sua atmosfera, e num teor semelhante ao da Terra primitiva, podem ter sido possíveis as sínteses de moléculas orgânicas a partir de um modelo de sopa orgânica. Em alternativa, a síntese pré-biótica poderá ter ocorrido ao redor de fontes hidrotermais. Há evidência de que Marte foi e continua a ser vulcanicamente activo [11,14].

A potencial origem e evolução de vida em Marte têm sido relacionadas com a estabilidade de água líquida e têm sido definidas diversas épocas nesta evolução. Inicialmente, como os níveis de temperatura e/ou humidade diminuíram, começou a selecção para os organismos que eram tolerantes a baixas temperaturas e condições de secura. Os organismos dependentes de temperaturas mais elevadas ou ambientes aquáticos extinguiram-se. Em segundo lugar, com a deterioração do ambiente, a superfície tornou-se inabitável. Os organismos adaptados ao frio retiraram-se para nichos protegidos sob a superfície ou na base de lagos gelados, onde os factores ambientais ainda mantinham condições para a existência de vida. Em terceiro lugar, ocorreu mais um arrefecimento, até que os organismos adaptados ao frio que habitavam áreas protegidas passassem a viver em condições de limites fisiológicas. Poderão ainda existir organismos vivos, quimiolitotróficos, por baixo da superfície de Marte onde a água líquida seja estável. Embora não exista evidência conclusiva de água na superfície de Marte, ela poderá existir muitos quilómetros abaixo da superfície [14].

A distribuição das ondas térmicas abaixo de 273 K não terá sido uniforme em toda a superfície, isto é, algumas zonas podem ter-se tornado geladas antes de outras. A ausência de placas tectónicas em Marte teria proporcionado a formação de dois distintos reservatórios de água. Por conseguinte, existe a possibilidade da distribuição espacial e temporal entre as diferentes fontes de água e os ecossistemas putativos. A progressão sucessiva do congelamento da superfície de Marte, provavelmente do pólo para o equador, pode ter preservado os organismos que se encontravam em diferentes etapas de desenvolvimento, talvez desde proto-células até à vida unicelular, do que poderá vir a ser encontrado evidência [14].

Para Stephen M. Clifford e seus inúmeros co-autores, a cobertura polar que tem sido sugerida como o local de interesse para a exploração de exobiologia, poderá conter o mais antigo vestígio de vida marciana [14,19].

A procura de vida em Marte pode ser tecnologicamente mais exigente do que qualquer coisa que possa ser feito com robots não tripulados de baixo custo. Desde 1994, investigadores da NASA têm vindo a propor várias missões robóticas de recolha de amostras. Contudo, sem a vinda para a Terra de amostras singulares ou de diversas amostras do mesmo local, é estatisticamente improvável fornecer qualquer evidência clara de uma comunidade microbiana ancestral. Além disto, a interpretação de dados das amostras de Marte antigo será difícil. Um exemplo disto é a problemática que se tem revelado em relação ao meteorito ALH84001 [11,14].

Diversos autores têm sugerido diferentes lugares em Marte que poderão albergar vida ou, pelo menos, vestígios de vida extinta. Ambientes da Terra análogos aos desses lugares têm sido explorados em relação aos seus potenciais no fornecimento de pistas para exploração em Exobiologia, de entre os quais inclui Antártida. No Dry Valleys na Antártida residem comunidades de organismos denominados criptoendolitos, que têm emergido nos últimos anos, como possíveis referências para a detecção de vida fora da Terra. As semelhanças entre as condições extremas do ambiente desértico da Antártida e as da superfície de Marte sugerem que os criptoendolitos podem ter estado presentes ou ainda existam em Marte [11].

Contudo, o organismo que se encontra no topo das preferências para possível vida em Marte é o *Deinococcus radiodurans*. Esta bactéria vermelha pode resistir a 1,5 milhões de rads, mil vezes mais do que qualquer outra forma de vida na Terra e três mil vezes mais do que os humanos. A capacidade para resistir a outras condições extremas, tais como a desidratação e temperaturas baixas faz deste micróbio uma das poucas formas de vida encontradas no Pólo Norte. Esta bactéria tem suscitado muitos debates em todo o mundo [19].

Uma vez que o DNA é a primeira parte da célula que fica danificada pela radiação e o dano letal é a ruptura de ambos os filamentos do DNA, a comunidade científica tem-se centrado nos mecanismos de reparação do DNA para encontrarem a resposta para a proeza do micróbio. Usando o microscópio óptico e o electrónico, foi possível descobrir o que torna a bactéria *Deinococcus radiodurans* no organismo mais resistente à radiação. O DNA do micróbio está organizado num único anel, o que impede que a maior parte do DNA se quebre por acção da radiação. Assim, mesmo quando há alguma fragmentação pela radiação, a informação genética é conservada porque os eventuais fragmentos se mantêm fortemente empacotados no anel e, portanto, mantidos perto entre si; eventualmente voltam a unir-se na correcta ordem original, reconstituindo assim a estrutura inicial do DNA [19].

Certamente, a mais abundante fonte de energia na superfície de Marte é a radiação Solar. Sendo assim, se a vida evoluiu em ambientes de superfície, provavelmente adaptou-se rapidamente para poder utilizar os recursos de energia através de alguma forma de fotossíntese. De forma semelhante ao que terá acontecido na Terra, os primeiros seres fotossintéticos terão sido anaeróbios e mais tarde teriam originado seres aeróbios semelhantes às cianobactérias terrestres. A fotólise da água pelas cianobactérias terrestre forneceu-lhes a liberdade para ocupar uma vasta gama de habitats onde a água líquida estava exposta à luz sob as condições aeróbias. Habitats similares podem ter existido na superfície de Marte, na longa história do planeta, quando a água líquida estava alastrada por toda a superfície [19].

Os organismos terrestres quimiolitotróficos estão limitados à reacção redox de transferência de electrões em habitats anaeróbicos. A quimiolitotoautotrofia, uma estratégia metabólica que se baseia em sínteses orgânicas de substratos inorgânicos simples, tais como dióxido de carbono e hidrogénio molecular, é especialmente relevante para Marte, pois não requer entrada de moléculas orgânicas na superfície. Os ecossistemas por debaixo da superfície poderiam existir em isolamento completo [11,20].

Depois da descoberta de possíveis fósseis num meteorito de Marte na Antártida, ressurgiu o debate acerca da vida em Marte. Apesar de haver este espécime que poderia ter sido sujeito às técnicas de análises sofisticadas, não resolveu a questão de vida em Marte e a subsequente controvérsia enfatizou o trabalho de interdisciplinaridade necessário para responder às questões

chave em Exobiologia. Têm surgido evidências surpreendentes nas rochas de Marte. Ao virar para o séc. XXI, as missões Mars Global Surveyor e Mars Odyssey da NASA e a Mars Express Orbiter (que inclui Beagle 2) da ESA, indicaram que a água ainda poderá existir em pequenas quantidades, mas apenas abaixo da superfície de Marte. Desde 2004, o Mars Exploration Rovers, Spirit e Opportunity, têm oferecido evidência surpreendente das localizações onde no passado houve água na superfície do planeta. Assim, durante os últimos 40 anos o debate sobre a vida em Marte passou da vegetação para a procura de moléculas orgânicas e depois para os fósseis; a descoberta de água veio fortalecer a ideia de que a vida poderá ainda existir no planeta vermelho [21].

## Europa

A vida como é conhecida na Terra depende de água líquida, de elementos biogénicos (principalmente carbono) e de uma fonte útil de energia livre. Segundo alguns autores é possível que Europa tenha um oceano de água líquida na sua sub-superfície, cujo volume deverá ser cerca de duas vezes maior do que o do oceano terrestre. A existência de carbono, azoto e outros elementos biogénicos em Europa é mal conhecida, mas, considerando o papel do bombardeamento de cometas no final da história do planeta, pode-se prever que estes elementos deverão existir em Europa. As fontes de energia livre podem ser um grande desafio para um mundo coberto com uma camada de gelo com quilómetros de espessura, Porém, é possível que exista actividade hidrotermal e/ou orgânica e oxidante fornecida pela acção de radiação na superfície do planeta, e subsequente mistura no interior do oceano de Europa, fornecendo, assim, o dador e o aceitador de electrões necessários para aí poder existir um ecossistema [22,23].

Europa é um corpo coberto de gelo com o raio de 1560 Km, quase o mesmo que o da Lua (1738 Km). Europa está cerrada numa ressonância de marés com os seus satélites da vizinhança, o vulcânico Io, no interior, e o grande Ganimede no exterior. O aquecimento é mais intenso em Io, devido à sua proximidade ao planeta gigante e resulta em constante actividade vulcânica nesta pequena lua. Uma quantidade substancial de calor é dissipada no interior do núcleo, no manto e na superfície de Europa. Medições da gravidade feitas pela nave espacial Galileo demonstraram que este planeta é um corpo rochoso diferenciado internamente, com uns 100 Km de material com densidade de cerca de  $1000 \text{ kg m}^{-3}$  na parte de fora, provavelmente água na fase sólida ou na fase líquida. Para C.F. Chyba e C.B. Phillips, se esta água fosse predominantemente líquida, teria mais do que o dobro do volume de toda a água do oceano terrestre. A temperatura à superfície de Europa varia entre cerca de 50 K, perto dos pólos, e mais de 120 K, no equador. A sua ténue atmosfera tem uma pressão próxima do vácuo [11,22].

Os modelos actuais não têm conseguido resolver esta questão, principalmente porque a reologia do gelo é muito pouco conhecida à temperatura de Europa e em oscilações de temperatura de grande frequência (correspondendo a um período orbital de 3,6 dias) associadas às marés. Também não é conhecida a exacta composição do gelo de Europa nem o seu estado físico. Sendo assim, modelos teóricos de aquecimentos e deformação das marés sugerem que a água líquida poderia ter existido ou está actualmente presente por debaixo do gelo de Europa [22]. C.F. Chyba e C.B. Phillips são de opinião de que a evidência actual mais convincente para a existência de um oceano de água líquida por debaixo da superfície de Europa veio dos resultados do seu campo magnético. Recentemente o magnetómetro da sonda Galileo mostrou que Europa tem um campo magnético induzido, que varia em direcção e força em reacção à posição do satélite dentro do forte campo magnético de Júpiter. A intensidade e a reacção do campo induzido em Europa requerem a existência de uma camada condutora global próxima da superfície. O que mais provavelmente cumpre esses requisitos é uma camada global de água salgada, com uma salinidade semelhante à do oceano terrestre. O outro requisito para a vida é a existência de elementos biogénicos apropriados, que incluem, principalmente, carbono, hidrogénio, oxigénio, azoto, fósforo e enxofre. Não existem amostras directas da superfície de Europa e nenhuma da informação existente resulta de medições *in situ*, mas apenas as medições espectrais obtidas em órbita. Na globalidade, a superfície deverá ser predominantemente constituída por água congelada; porém, o NIMS detectou riscas de absorção em Europa devidas à presença de anidrido sulfuroso e peróxido de hidrogénio. De observações por

espectroscopia de IV próximos, foram detectadas, indirectamente, bandas de água distorcidas em, compostos hidratados, que sugerem a presença de materiais tais como ácido sulfúrico, e sulfatos de sódio e magnésio ou carbonato de sódio [22,23].

Os impactos de cometas poderão ter sido fontes de elementos biogénicos [11,22,24]. Tendo em conta a história do Sistema Solar, uns  $10^{12}$  kg de carbono poderiam ter sido acumulados por Europa desta forma. Devido à falta de atmosfera em Europa, as partículas de poeiras interplanetárias ou pequenos meteoritos, que podiam ter sido fontes importantes para o inventário orgânico pré-biótico de Terra primitiva ou para a transferência com sucesso de microrganismos entre Terra e Marte, não poderá ocorrer em Europa. Aqui será mais difícil a chegada de moléculas orgânicas intactas ou microrganismos viáveis nos meteoritos. Por sua vez, isto torna provável que se houver vida em Europa, ela tenha uma origem diferente da da Terra [22,23,24].

Alem disso se existisse a fotossíntese em Europa, esta seria extremamente limitada devido à espessa cobertura de gelo. Um modelo alternativo de fluxo de calor no interior de Europa consistiria na transferência de calor no manto por convecção, processo que poderia ser bastante eficiente para evitar a fusão parcial dos silicatos, impedindo assim a actividade vulcânica. O aquecimento ligado com as marés é um processo não-linear e altamente variável, podendo em Europa ter evoluído em e fora de ressonâncias com os outros satélites de Júpiter no final do tempo geológico, daqui resultando períodos de aumento e diminuição de fluxo de calor. Muitos autores têm discutido a produção de oxidantes (tais como o oxigénio molecular e o peróxido de hidrogénio) nas camadas superiores do gelo, devido ao bombardeamento de partículas carregadas de gelo de água. Uma vez que o dióxido de carbono também está presente no gelo, haverá uma produção simultânea de compostos orgânicos simples tal como formaldeído [22,23].

O facto de presentemente se admitir a possibilidade de a vida existir no oceano da sub-superfície de Europa revela que houve uma ampliação da visão tradicional de habitabilidade planetária. Se a vida pudesse originar-se em lugares profundos, então Europa poderia albergar a sua própria biologia endémica (ignorando a possibilidade de que o planeta primitivo podia ter tido um breve mas enorme efeito de estufa e assim ter suportado água líquida na sua superfície por um período muito curto). Neste caso, a recompensa científica dum procura favorável de vida em Europa não poderia ser maior [22].

Sabe-se que os microrganismos terrestres revelam estratégias adaptativas capazes de superar a mais elevada tensão fisiológica durante o período de tempo em que houver água líquida no ambiente. Desta perspectiva fisiológica, os padrões para um ecossistema em Europa incluem membros do género das bactérias versáteis *Halomonas*. As espécies *Halomonas* são um grupo halotolerantes que crescem numa concentração de sal de 0,01%, toleram pH elevado, crescem à temperatura entre 268 e 318 K e toleram níveis milimolares de metais pesados. Estas espécies foram isoladas da profundidade do mar, em ambientes de elevada pressão nos riftes médios oceânicos, e têm sido encontradas nas salmouras do gelo do mar e salmouras no interior da crosta continental. Contudo, as espécies *Halomonas* e outras bactérias oligotróficas podem crescer em baixas concentrações de carbono orgânico (0,002%) [23].

As condições físico-químicas mais prováveis em Europa são todas superáveis pela vida, se baseada na analogia com as adaptações fisiológicas de microrganismos terrestre. Contudo, podem-se imaginar possíveis cenários de evolução química em Europa que resultariam em condições tão extremas. A análise de dados actuais e as futuras explorações poderão trazer uma nova e mais clara percepção sobre a evolução de Europa e sobre a sua camada externa, parcialmente líquida. Europa projecta-se entre os planetas e satélites como um distinto laboratório para o estudo da evolução de sistemas aquosos no final do tempo geológico e para o estudo de potenciais ambientes que permitam a formação e evolução de vida. O actual estado de Europa poderia fornecer uma analogia para o oceano primitivo terrestre. Ió poderia representar um estado final de um objecto semelhante a Europa após volatilização extrema. Estudos comparativos de geologia, geoquímica e exobiologia destes objectos e outros que possam ter tido oceanos, ajudariam os planetologistas a desenvolverem uma profunda compreensão da frequência e condições necessárias para a vida no Universo [22,23].

## Titã

Como foi referido anteriormente a Exobiologia procura não só explorar a possibilidade da existência de vida em outras partes do Universo, mas tenta também relatar os processos químicos que ocorrem em qualquer lugar tendo em vista a origem e a evolução da vida na Terra. Titã é o planeta mais parecido com a Terra primitiva nos termos das suas propriedades físicas (líquido, densidade atmosférica), fontes de energia e processos evolutivos (reações químicas complexas, precipitação, erosão, vulcanismo) que podem ter ocorrido durante a sua história [11,25].

Titã, a maior lua de Saturno, é a única entre os satélites do nosso Sistema Solar que tem uma densa atmosfera constituída principalmente de azoto (98%) e metano (2%). Há interesse em estudar Titã porque aí existe um processo contínuo de formação de moléculas orgânicas complexas a partir de azoto e metano. O conhecimento das etapas de formação de compostos orgânicos em Titã pode fornecer informações sobre a origem da vida na Terra [11,26].

Titã tem um tamanho compreendido entre o de Mercúrio e o de Marte, é suficientemente grande para manter uma atmosfera significativa e suficientemente pequeno para permitir que o hidrogénio atómico e molecular tivesse escapado [26].

A temperatura em Titã varia entre 70 K e 170 K (à superfície). O metano pode ter estado presente por muito pouco tempo como resultado de uma adição deste gás para a atmosfera a partir de uma fonte desconhecida. Outra teoria é que está presente em forma de clatratos de metano no gelo abaixo da superfície de Titã, sendo libertado durante fases ocasionais de aquecimento [26,27].

Das duas maiores fontes de energia responsáveis pelos processos químicos da atmosfera de Titã, a radiação solar UV fornece 200 vezes mais energia do que os electrões da magnetosfera de Saturno. A energia fornecida pela combinação de electrões da magnetosfera e a luz ultravioleta de comprimento de onda menor do que 80 nm dissocia o azoto molecular em azoto atómico. Este é muito energético e reage com os intermediários reactivos semelhantes que se formaram pela dissociação de metano, gerando assim cianeto de hidrogénio. A radiação solar UV de comprimento de onda superior a 80 nm não dissocia o azoto molecular mas inicia outras reações como, por exemplo, a reação de fotólise de uma mistura de cianeto de hidrogénio e acetileno para formar cianoacetileno [11,26,27].

James Ferris e seus co-autores [25] realizaram trabalhos laboratoriais sobre o efeito da fotoquímica na composição da atmosfera de Titã. Embora Titã seja mais frio, a presença de gases de efeito de estufa (hidrogénio molecular e metano), tem um papel importante equivalente ao do dióxido de carbono e do hidrogénio molecular na Terra. A atmosfera de Titã inclui muitos compostos orgânicos que possuem um papel chave na química pré-biótica terrestre, tais como cianeto de hidrogénio (HCN), acetileno ( $C_2H_2$ ), cianoacetileno ( $HC_3N$ ) e cianogénio ( $C_2N_2$ ). Estes compostos orgânicos foram detectados na atmosfera de Titã, pelas técnicas de medição remota das sondas Voyager. A lista inclui também seis hidrocarbonetos (alcanos, alcenos e alcinos) e cinco nitrilos [11,25,27].

A análise dos processos químicos e físicos que gerem a evolução da atmosfera de Titã sugerem que aí existem corpos líquidos de misturas de etano e metano na superfície ou abaixo da superfície. Tais oceanos ou lagos deveriam ter tido um papel de reservatório de metano, o que torna possível explicar a presença desse gás na atmosfera, e produzir etano, o produto principal da fotólise de metano. Estes oceanos, alimentados continuamente por partículas de aerossóis, deveriam também ser um reservatório para outros compostos orgânicos formados na atmosfera. Segundo Raulin e seus co-autores [27], neste meio líquido poderiam ocorrer sínteses orgânicas induzidas pelos raios cósmicos, de elevada energia, capazes de enriquecer a superfície de Titã, formando nitrilos e oligómeros orgânicos. Deve ter existido acoplamento forte entre os processos de alta atmosfera, a baixa pressão, e a baixa atmosfera, com alta pressão. Não só os remoinhos de difusão teriam tido um papel importante nestes acoplamentos, mas também os próprios aerossóis atmosféricos. Devido a esses acoplamentos, a química orgânica de Titã deve ser considerada como um todo, entre as três partes que constituem os ambientes pré-bióticos de Titã: gás atmosférico, aerossóis e superfície. No conjunto, isto pode ser considerado como um “geofluido” de Titã. Contudo, não tem sido considerado na Terra primitiva nem o papel nem as possibilidades de

acoplamento entre os processos químicos e físicos. É possível que tenham existido, e a procura destes fenómenos em Titã é hoje, obviamente, um meio de estudar a Terra pré-biótica. Porém, em Titã, com as condições de temperaturas muito baixas, a evolução química ainda continua, mas na ausência de água líquida. O estudo da química orgânica pré-biótica de Titã também pode fornecer indirectamente informação do papel da água líquida na evolução química [25,27].

Para estudar os processos orgânicos em diferentes partes do “geofluido” de Titã são utilizados: os dados fornecidos pelas sondas espaciais que serão usados juntamente com os dados de experiências laboratoriais de simulação de evolução do modelo de atmosfera de Titã, realizada a baixas temperaturas; modelos teóricos, incluindo os modelos fotoquímicos e físicos da atmosfera; pesquisas de absorção retiradas da atmosfera utilizando os instrumentos espectroscópicos a bordo da sonda Cassini, que completarão as medições *in situ* [27].

A missão Cassini-Huygens inclui uma nave Cassini, construída pela NASA, que transporta uma sonda atmosférica, Huygens, construída pela ESA. A nave foi lançada em Outubro de 1997 e a 14 de Janeiro de 2005 o módulo Huygens pousou no solo gelado do maior satélite de Saturno [27]. Cassini transportou doze instrumentos científicos, permitindo uma exploração detalhada dos ambientes de Saturno e Titã. Ao entrar na atmosfera, a sonda Huygens enviou imagens da mesma, composta de um solo plano com “seixos” brancos e totalmente gelados. Um instrumento de GC-MS fornecerá concentração vertical dos principais constituintes atmosféricos e de espécies menores; outros instrumentos efectuaram medições da atmosfera de cor laranja [28]. Apesar de não ter sido observada vida macroscópica na superfície de Titã, pensa-se que ela terá todos os ingredientes químicos necessários para o aparecimento de vida. O principal problema é que possui um clima tão inóspito que parece opor-se a qualquer aparecimento de vida.

As observações de Cassini não mostraram nenhuma extensão líquida à superfície, excluindo um possível lago junto ao Pólo Sul. As cartografias recentes estabelecidas pelo radar da sonda com imagens de IV evidenciaram a existência de estruturas circulares que se assemelham aos domos vulcânicos. Porém, tem persistido a ideia de um oceano escondido debaixo de uma espessura gelada de 100 Km. Pensa-se que este oceano poderá ser constituído por água. Na opinião de François Raulin [28], devido a um processo geoquímico, nomeadamente serpentinização, esta água transformar-se-ia parcialmente em metano no momento da sua ascensão ao longo das falhas. Esta seria uma forma não biológica de produzir o metano de Titã [28].

De modo a desvendar os mistérios da química atmosférica de Titã, a sonda Huygens realizou colheitas muito perto do solo, entre 130 e 35 Km de altitude. Desta maneira, foi possível descobrir que os aerossóis que fornecem a Titã uma cor laranja são “tholins”, complexos de matéria orgânica complexa. Do aquecimento das amostras resultou a formação de amoníaco e de cianeto de hidrogénio [28,29]. As recolhas realizadas durante o percurso da sonda indicam que não há evolução química dos aerossóis à aproximação do solo. Sendo assim, foi eliminada a hipótese de que os aerossóis contivessem alguns hidrocarbonetos. Por esta razão, a baixa atmosfera de Titã parece ser bem pobre em gases orgânicos. Os espectros obtidos por Huygens durante a sua descida mostraram que a luz reflectida pelo solo é dominada pelo sinal de água sob a forma de gelo. Os compostos não comuns estão inseridos neste gelo [28].

A crosta de Titã mostra evidência de uma actividade geológica. Cassini-Huygens registaram a presença de uma densa atmosfera composta essencialmente por mais de 95% de azoto. Imagens de radar ou IV da superfície de Titã revelaram a presença de  $^{40}\text{Ar}$ , à concentração de 0.01%. Para François Raulin [28], este gás ter-se-á se formado do interior do planeta, a partir do potássio contido no oceano subterrâneo.

Em relação ao metano, foi verificado que a sua proporção permanece constante desde a alta atmosfera até à altitude de 10 Km. Pensa-se que o criovulcanismo será responsável por um ciclo de metano, semelhante ao ciclo da água na Terra. Presumivelmente, a sonda Huygens cruzou uma nuvem muito fina no equador. No entanto, em relação ao metano, é estimado que se a totalidade deste gás contido na atmosfera condensasse, ele cobriria a superfície de Titã numa espessura líquida de 4 km [28].

Graças à sua missão, Huygens descobriu o mundo de Titã. Permanece agora a expectativa com Cassini, com o qual a exploração do mundo do Saturno foi prolongada até 2010.

## **Exoplanetas**

Há Vida nos exoplanetas? E se essa vida existe a distâncias astronómicas será que pode ser detectada com a nossa tecnologia?

Não foi há muitos anos que o primeiro planeta de um extra sistema solar foi descoberto. Hoje em dia é possível determinar a distância a que se encontram, de que são constituídos e até se possuem água. Mas como são detectados esses exoplanetas, que à escala do Universo são minúsculos?

Actualmente o método mais utilizado para a detecção de exoplanetas é o método Doppler. O método de Doppler mede variações na velocidade de afastamento ou de aproximação da estrela em relação à Terra. O método de Doppler pode ser deduzido do deslocamento nas linhas espectrais da estrela hospedeira, devido ao efeito de Doppler. Tais deslocamentos são induzidos pelo planeta que orbita a estrela, já que ambos orbitam em torno do mesmo centro de massa. A velocidade da estrela em redor do centro de massa é muito menor do que a do planeta. Mesmo assim, pequenas variações de velocidades com poucos m/s podem ser captadas. Este método é o mais eficaz usado pelos caçadores de planetas. Porém, é apenas eficaz em estrelas relativamente próximas, até 160 anos-luz. Com este método pode-se encontrar com facilidade, planetas que estejam próximo à estrela, mas há dificuldade em descobrir aqueles que orbitam a distâncias maiores [30].

### **Telescópio kepler**

O telescópio espacial Kepler detectou seis planetas que orbitam em redor de uma estrela similar ao sol. Além disso, descobriu mais de mil possíveis novos planetas fora do sistema solar. Os cientistas referem-se a esta como a mais importante descoberta na busca por exoplanetas nos últimos 15 anos. O novo sistema planetário foi encontrado pelo satélite Kepler, da Nasa, ao redor de uma estrela designada de Kepler-11, situada a 18,92 quatrilhões de km (2 mil anos-luz) da Terra. Cinco dos planetas agora descobertos estão muito próximos da sua estrela e percorrem a sua órbita completa em 10 a 47 dias. Muito quentes, estão longe de oferecer condições propícias à vida. O sexto planeta, mais longe da estrela, percorre a sua órbita em 118 dias [31].

### **Terra 2.0**

Uma equipa de "caçadores de planetas" encontrou o que poderá ser, se confirmado, o primeiro exoplaneta habitável. Os astrónomos da Universidade da Califórnia observaram que o corpo celeste encontrado possui um tamanho próximo ao da Terra e orbita uma estrela na constelação de Libra, a 20 anos-luz de distância. O exoplaneta encontra-se exactamente no meio da "zona habitável" da estrela anã Gliese 581, uma região onde há condições naturais para que água líquida se forme na superfície do planeta. Se confirmado, o exoplaneta será o mais parecido com a Terra já encontrado e o primeiro candidato a uma possível colonização. Outros dois exoplanetas na zona habitável do sistema da estrela anã Gliese 581 já foram encontrados. Contudo, eles situam-se nas extremidades, onde a temperatura é muito fria ou muito quente.

Os cientistas acreditam que o número de exoplanetas potencialmente habitáveis na Via Láctea pode chegar a 20%, dada a facilidade com que Gliese 581 foi descoberto. Se fossem raros, dizem os astrónomos, eles não teriam encontrado um tão rápido e tão próximo.

Os astrónomos acreditam há muito tempo, que à medida que a tecnologia evolui será brevemente possível detectar novos mundos habitáveis à volta de estrelas similares ao nosso Sol. A tecnologia actual não nos permite ir mais além, mas esta está avançada o suficiente para dar um pequeno deslumbre do que ainda está para vir. Alguns desses deslumbres são os exoplanetas que tem vindo a ser descobertos em grandes quantidades nos últimos anos, tendo sido atingido um novo recorde com 106 exoplanetas encontrados em 2010.

## Procura de Vida inteligente

A procura de vida fora do nosso planeta, que há 25 anos teria sido considerado uma heresia, está agora próxima de alcançar um nível febril.

Muitas tentativas foram feitas com o objectivo de encontrar Vida para além da Terra tais como a missão “Stardust” lançada em Fevereiro de 1999 e que regressou em Janeiro de 2006, teve como objectivo recolher e trazer amostras do Cometa Wild 2, interceptado em Janeiro de 2004. Os resultados desta missão ainda estão a ser analisados.

Por volta de 1960, embora aparentemente as oportunidades de descobrir vida extraterrestre “inteligente” por contacto directo fossem muito remotas, alguns investigadores tentaram entreouvir transmissões que tivessem ecoado ou de algum planeta extra-solar ou que tivessem sido deliberadamente enviadas do espaço com o objectivo de serem detectadas. Esta nova abordagem só se tornou viável após a detecção da radiação de microondas por meio de radiotelescópios se ter desenvolvido de um modo considerável.

O astrónomo Frank Drake foi o primeiro a procurar sinais de vida inteligente extraterrestre através da radioastronomia. Em 1961 construiu uma fórmula matemática, a famosa equação de Drake, em que tentou estimar quantas civilizações tecnológicas capazes de comunicação poderiam existir na nossa galáxia [32]:

$$N = R_* \times f_s \times n_e \times f_l \times f_i \times f_c \times L$$

onde  $R_*$  representa a velocidade média de formação de estrelas na galáxia que possam ter emissões detectáveis (cerca de 20 por ano),  $f_s$  é a fracção de estrelas com condições de serem sóis para sistemas planetários (cerca de 0.1),  $n_e$  é o número médio de planetas por sistema solar que estão localizados na Zona de Habitabilidade, supondo que a água é indispensável à vida,  $f_l$  é a fracção de planetas aonde se terá, de facto, originado a vida,  $f_i$  é a fracção de planetas nos quais, após se ter originado a vida, surgiu uma forma de inteligência de qualquer espécie,  $f_c$  é a fracção de civilizações que desenvolveram aptidão (tecnologia) e desejo de comunicação através de sinais detectáveis com outras civilizações e, finalmente  $L$  é o tempo médio de vida de uma civilização comunicativa ou o tempo médio durante o qual tais civilizações lançaram sinais detectáveis para o espaço [32,69].

Segundo F. Raulin-Cerceau *et al.* a fórmula de Drake em vez de ser uma equação rígida com uma única solução, é um modelo de pensamento. Contudo, a fórmula foi baseada no modelo de vida terrestre e só se conhece bem o primeiro parâmetro, pois alguns possuem valor aproximado e, outros, desconhecido [32].

Alguns radioastrónomos e astrofísicos uniram-se na procura de vida inteligente extraterrestre para tentar descobrir mensagens interestelares: desta colaboração nasceu em 1965 a comissão CETI (Communication with ExtraTerrestrial Intelligence). O conceito foi introduzido na Academia Internacional de Astronáutica pelo astrónomo soviético R. Pesek. Mais tarde, em 1986, CETI foi mudado para o termo SETI (Search for ExtraTerrestrial Intelligence) [33].

O radiotelescópio localizado em Nançay (França) tem sido utilizado pelo SETI desde 1980 para as pesquisas e observações de estrelas. Entretanto, mais de quarenta instrumentos têm sido utilizados pela equipa do SETI na procura da vida extraterrestre. Os projectos do SETI estão actualmente dispersos por todo o mundo e neles participam tanto profissionais como amadores. O *Ames Research Center* da NASA tem colaborado activamente com o SETI. O maior empenhamento está na investigação de sinais de transmissão de rádio. No entanto, também está em curso a procura de sinais ópticos provenientes de civilizações extraterrestres [33].

Em 1985 entrou em acção o projecto META – *Megachannel Extraterrestrial Assay*, um telescópio de 34 metros de diâmetro, situado perto de Buenos Aires. Ao META I sucedeu o META II, que em 1995 fechou devido a falhas irreparáveis no sistema computacional. Para substituir este projecto surgiu o *Billion-channel Extraterrestrial Assay*, denominado BETA. É o mais poderoso sistema de investigação de sinais de rádio extraterrestres actualmente activo. Porém, em Fevereiro de 2003, o ESO (European Southern Observatory) e a NSF (US National Science Foundation)

assinaram um contrato que viabiliza a construção e operacionalidade do maior e mais poderoso radiotelescópio do mundo, que operará com comprimentos de onda da ordem inferiores ao milímetro. A este novo projecto, denominado ALMA (Atacama Large Millimeter Array), estão associados 128 projectos, que englobam as cinco áreas: Cosmologia e Galáxias, Formação de Estrelas e Planetas, Evolução Estelar e Sistema Solar. Esta nova tecnologia vai permitir estudar mais detalhadamente o Universo [34,35].

Tendo em conta que com as tecnologias actuais de comprimentos de onda de rádio ainda não foram detectadas mensagens extraterrestres, o desenvolvimento tecnológico tem aumentado consideravelmente as possibilidades de escutar o “ruído” emitido pelas estrelas.

A vida se existir será...

*“...terrestre na Terra; marciana em Marte; saturniana em Saturno; neptuniana em Neptuno, isto é, apropriada a cada mansão, ou, para dizer mais rigorosamente ainda, produzida e desenvolvida por esse mundo em particular, conforme o seu estado orgânico ... Seres podem viver em organizações totalmente diversas das conhecidas no nosso planeta... Pois bem, é esse o objectivo da ciência futura: o estudo da vida universal e eterna”.*

*(Camille Flammarion, 1842 – 1925, Astrónomo francês)*

## Conclusão

Há várias décadas J.D. Bernal referiu que para a compreensão da origem da vida é preciso possuir conhecimentos profundos em geologia, química, biologia, astronomia, física teórica, paleontologia e filosofia. Porém, considerando que tal saber global é raro, será mais produtivo focalizar a atenção num assunto particular e tentar inter-relacionar os vários campos de conhecimento.

A exploração de mundo extraterrestre pode fornecer informações mais precisas sobre “como é que a vida começou na Terra e como é que foram as etapas mais primitivas de evolução”.

A procura de sinais de vida extraterrestre no nosso Sistema Solar está cada vez mais evidente, visto que já se podem enviar sondas para explorar directamente corpos promissores; e se forem obtidos resultados positivos, eventualmente haverá a vinda de amostras para análises directas na Terra. Diversas missões estão a ser planeadas pela ESA e pela NASA, com este objectivo, e esperançosamente, no futuro não muito distante, poderemos talvez saber se a vida na Terra é única no nosso Sistema Solar.

## Bibliografia

- [ 1 ] Maia, H.L.S., Dias, I., “Origem da Vida”, Escolar Editora, 2008.
- [ 2 ] Ramos, J.J., “A evolução química no Sistema Solar: alguns aspectos gerais”, in Maia, H.L.S. & Moura-Ramos, J.J. (eds.), “A Evolução cósmica e a Origem da Vida”, Livraria Almedina, Coimbra, 1985.
- [ 3 ] Cleland, C. E. & Chyba, C. F., “Defining «Life»”, *Orig. Life Evol. Biosphere*, 32: 387–393, 2002.  
[http://spot.colorado.edu/~cleland/articles/Cleland\\_Chyba.OLEB.pdf](http://spot.colorado.edu/~cleland/articles/Cleland_Chyba.OLEB.pdf)
- [ 4 ] Zhuravlev, Y.N. & Avetisov, V.A., “The definition of life in the context of its origin”, *Biogeosci.*, 3: 281–291, 2006.  
<http://www.biogeosciences.net/3/281/2006/bg-3-281-2006.pdf>
- [ 5 ] Ruiz-Mirazo, K., Peretó, J. & Moreno, A., “A universal definition of life: autonomy and open-ended evolution”, *Orig. Life Evol. Biosphere*, 34: 323–346, 2004.  
<http://www.springerlink.com/content/p6j42r66k2277373/>
- [ 6 ] Koshland Jr., D.E., “The seven Pillars of life”, *Science*, 295: 2215–2216, 2002.  
<http://www.sciencemag.org/cgi/reprint/295/5563/2215.pdf>
- [ 7 ] Benner, S.A., Ricardo, A. & Carrigan, M.A., “Is there a common chemical model for life in the universe?”, *Curr. Opin. Chem. Biol.*, 8: 672–689, 2004.  
[www.iffame.org/sbenner/cochembiol8.672-689.pdf](http://www.iffame.org/sbenner/cochembiol8.672-689.pdf)
- [ 8 ] Stevenson, D. J., “Life-sustaining Interstellar Planets”, *Nature*, 400: 32, 1999.  
<http://isotope.colorado.edu/~astr5835/Stevenson%201999.pdf>

- [ 9 ] Goldsmith, D. & Owen, T., “The Search for Life in the Universe”, 3rd edition, University Science Books, New York, 2002.
- [10] McKay, C.P., “What is life – and how do we search for it in other worlds?”, *PLoS Biol.*, 2(9): e302, 2004.  
[http://www-biology.ucsd.edu/classes/old.web.classes/bimm100.FA04/lecture/Oct\\_12\\_2004\\_reading.pdf](http://www-biology.ucsd.edu/classes/old.web.classes/bimm100.FA04/lecture/Oct_12_2004_reading.pdf)
- [ 11 ] Brack, A., Fitton, B. & Raulin, F. (eds.), “Exobiology in the Solar System and the Search for Life on Mars”, ESA Exobiology Team Study, 1997–1998, 1999.  
<http://esapub.esrin.esa.it/sp/sp1231/sp1231.pdf>
- [ 12 ] Kasting, J.F. & Catling, D., “Evolution of a Habitable Planet”, *Annu. Rev. Astron. Astrophys.*, 41: 429–463, 2003.  
<http://isotope.colorado.edu/~astr5835/Kasting%20and%20Catling%202003.pdf>
- [13] Kasting, J.F., “Habitable Zones around Low Mass Stars and the search for Extraterrestrial Life”, *Orig. Life Evol. Biosphere*, 27: 291–307, 1997.
- [14] Hiscox, J.A., “An overview of the origin of life: the case for biological prospecting on Mars”, *Earth, Moon, and Planets*, 87: 191–212, 2001.  
<http://www.springerlink.com/content/g00u72tq45q04r72/fulltext.pdf>
- [ 15 ] Brack, A. & Pillinger, C.T., “Life on Mars: Chemical arguments and clues for Martian meteorites”, *Extremophiles*, 2: 313–319, 1998.  
[http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list\\_uids=9783179&dopt=Abstract](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=9783179&dopt=Abstract)
- [ 16 ] Brack, A., “The exobiology exploration of Mars: a survey of the European approaches”, *Planet. Space Sci.*, 48: 1023–1026, 2000.  
<http://adsabs.harvard.edu/abs/2000P&SS...48.1023B>
- [ 17 ] Farmer, J.D., “Hydrothermal systems on Mars: an assessment of present evidence”. *Ciba Foundation Symposium.*, 202: 273–299, 1996.  
<http://jfarmer.asu.edu/pubs/pdfs/hydrothermal.pdf>
- [18] McKay D.S., *et al.*, “ Search for past life on Mars: Possible relic biogenic activity in martian meteorite ALH 84001”. *Science*, 273: 924–930, 1996.  
[http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?db=PubMed&cmd=Retrieve&list\\_uids=8688069&dopt=Abstract](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?db=PubMed&cmd=Retrieve&list_uids=8688069&dopt=Abstract)
- [19] Weizmann Institute, “Radiation-resistant organism reveals its defense strategies”, Weizmann Institute Release, Jan. 9, 2003.  
<http://www.weizmann.ac.il>
- [20] Clifford, S.M., *et al.*, “The State and Future of Mars Polar Science and Exploration”, *Icarus*, 144: 210–244, 2000.  
<http://www.lpi.usra.edu/meetings/polar2000/special-issue-2.pdf>
- [21] Dick, S.J., “NASA and the search for life in the universe”, *Endeavour*, 30(2): 2006.
- [ 22 ] Chyba, C. F., Phillips, C. B., “Europa as an abode of life”, *Orig. Life Evol. Biosphere*, 32: 47–68, 2002.  
<http://www.springerlink.com/content/r361311844041179/>
- [23] Kargel, J.S., Kaye, J.Z., Head, J.W., Marion, G.M., Sassen, R., Crowley, J.K., Ballesteros, O.P., Grant, S.A. & Hogenboom, D.L., “Europa’s Crust and Ocean: origin, composition and the prospects for life”, *Icarus*, 148: 226–265, 2000.  
<http://adsabs.harvard.edu/abs/2000Icar..148..226K>
- [ 24 ] Pierazzo, E. & Chyba, C.F., “Cometary delivery of Biogenic elements to Europa”, *Icarus*, 157: 120–127, 2002.  
<http://www.ingentaconnect.com/content/ap/is/2002/00000157/00000001/art06812>
- [ 25 ] Clarke, D.W. & Ferris, J.P., “Chemical evolution on Titan: comparisons to the prebiotic Earth”, *Orig. Life Evol. Biosphere*, 27: 225–248, 1997.  
<http://adsabs.harvard.edu/abs/1997OLEB...27..225C>
- [26] Ferris, J., Tran, B., Joseph, J., Vuitton, V., Briggs, R. & Force, M., “The role of photochemistry on Titan’s atmospheric chemistry”, *Adv. Space Res.*, 36: 251–257, 2005.  
[http://www.rpi.edu/dept/chem/chem\\_faculty/profiles/pdfs/ferris/jasr%207318.Adv.Space%20Res.pdf](http://www.rpi.edu/dept/chem/chem_faculty/profiles/pdfs/ferris/jasr%207318.Adv.Space%20Res.pdf)
- [27] Raulin, F., Coll, P., Coscia, D., Gazeau, M.C., Sternberg, R.; Bruston, P., Israel, G. & Gautier, D., “An exobiological view of Titan and the Cassini-Huygens mission”, *Adv. Space Res.*, 22(3): 353–362, 1998.  
<http://adsabs.harvard.edu/abs/1998AdSpR..22..353R>
- [28] Henarejos, P., “Titan morne Terre”, *Ciel & Espace*, 430: 30–37, 2006.  
[http://www.references-indexpresse.com/sdws/sdws32.exe?REFER/Crt\\_Free.sds?Tout\\_Sujet=Sonde%20spatiale](http://www.references-indexpresse.com/sdws/sdws32.exe?REFER/Crt_Free.sds?Tout_Sujet=Sonde%20spatiale)
- [29] Botta, O. & Bada, J.L., “Extraterrestrial organic compounds in meteorites”, *Surveys Geophys.*, 23: 411–467, 2002.  
<http://www.springerlink.com/index/L2532P1J3G51MR62.pdf>
- [30] ESA  
<http://www.esa.int>
- [31] NASA  
<http://kepler.nasa.gov/>
- [32] Raulin-Cerceau, F., Maurel, M., Schneider, J., “From Panspermia to Bioastronomy, the Evolution of the Hypothesis of Universal Life”, *Orig. Life Evol. Biosphere*, 28: 597–612, 1998.  
[www.springerlink.com/index/MIT14RTR7372TP22.pdf](http://www.springerlink.com/index/MIT14RTR7372TP22.pdf)
- [33] Tarter, J., Dreher, J., Ellingson, S.W. & Welch, Wm.J., “Recent Progress and Current Activities in Search for Extraterrestrial Intelligent (SETI)”, in “Review of Radio Science, 1999–2002”, Stone, W.R. (ed.), John Wiley & Sons, New York, 2002, pp 901–931.  
<http://astro.berkeley.edu/ral/ata/Publications/RevRadSci02.pdf>
- [34] de Breuck, C., “Scientific Requirements of ALMA, and its capabilities for key-projects: Extragalactic”, in Wilson, A., (ed.), “The Dusty and Molecular Universe: A Prelude to Herschel and ALMA”, ESA Conference Proceedings, ESA Publications Division, Noordwijk, 2005.  
[http://www.eso.org/projects/alma/publications/papers/debreuck\\_dusty04.pdf](http://www.eso.org/projects/alma/publications/papers/debreuck_dusty04.pdf)
- [35] Wilson, T., Beasley, A. & Wootten, H., “Status of Atacama Large Millimeter Array”, in Lidman, C. & Alloin, D. (eds.), “The Cool Universe: Observing Cosmic Dawn”, Conference Proceedings of the ASP, vol. 344, Astronomical Society of the Pacific, San Francisco, 2005, pp. 232–236  
<http://www.eso.org/projects/alma/publications/papers/AlmaStatus2004.pdf>