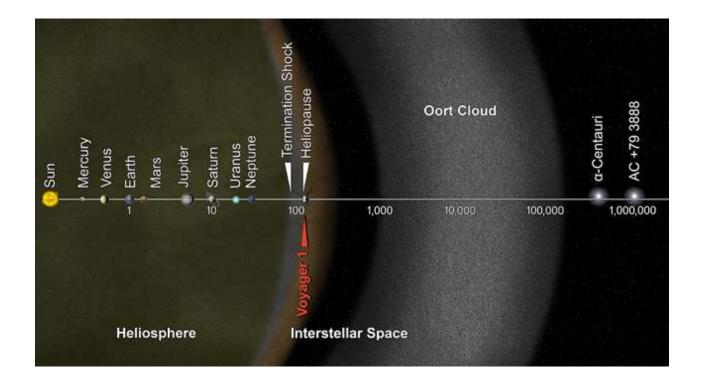
Cadernos de Iniciação Científica

O Sistema Solar e Muito Além



Edições do autor - Walmar Freitas Porto

Astrobiologia

Missões Espaciais	346
Cometas	354
Matéria Quiral	356
Missões no Sistema Solar	.358
Além do Sistema Solar	.362
Vivendo no Espaço	.371
Ser de Outra Estrela	372
A Terra Manda Lembranças	375
Referencias	.376

Exploração do cosmos começou em 1957 quando a antiga União Soviética lançou o satélite Sputnik na orbita da Terra. No ano seguinte, em reposta aos soviéticos, o congresso norteamericano aprovou a criação da NASA. Assim, foi dada a largada pela disputa da supremacia do espaço. Em 1959, o prêmio Nobel Joshua Lederberg cunhou a expressão exobiologia para designar o estudo de vida extraterrestre. Portanto, com o advento da Era Espacial surgiram as ambições de pesquisas "in situ" que ocorreriam com as missões interplanetárias.

Entretanto, embora na época a origem da vida já fosse estudada com alguma propriedade, ainda não se tinha elementos suficientes para afirmar que a vida poderia existir em outros planetas logo, não seria uma exclusividade da Terra. De todo modo, gracas a indústria de entretenimento norteamericana e às missões pioneiras da NASA na competição com os soviéticos, o planeta Marte tornou-se o paradigma da existência de vida em outros planetas. Assim, a partir da segunda metade do século passado o publico leigo também passou a encarar o assunto com grande expectativa.

Missões Espaciais

A missão Mariner IV da NASA, EUA, foi pioneira na exploração de Marte e certamente serviu de paradigma para as missões seguintes. O lançamento ocorreu em 28 de Novembro de 1964. Figura 10.1 a. O satélite, Figura 10.1 b, permaneceu na órbita de Marte por dois dias; 14/07/1965 15/07/1965, e tirou 22 fotografias da superfície do planeta. A Fotografía da Figura 10.1c foi obtida nessa oportunidade.



Inicio da Era Espacial. Nos anos 60 do século passado, fotografias - Figura 10.1c - tiradas pela espaconave Mariner IV mostraram paisagens desoladoras de Marte. Essas fotografias abalaram o mito da existência de vida em Marte.

Figura 10.1a – Lançamento da Mariner IV.



Figura 10.1b – Espaçonave Mariner IV.

A tênue atmosfera de Marte é uma evidencia de que a possibilidade atual de vida no planeta é remota. Especula-se que Marte pode ter desenvolvido micro-organismos na superfície até que a água desapareceu, e isso teria impedido a permanência da vida. {[57]; 14} O primeiro pouso em Marte ocorreu em 20 de Julho de 1976 com a missão

Viking I, da NASA, iniciando as missões de mapeamento da sua superfície. A partir da década de 70 tem havido cada vez mais descobertas de micro-organismos que suportam condições extremas de vida; Os extremofilicos. E tudo indica que essas espécies podem existir em outros planetas do sistema solar, inclusive Marte.



Figura 10.1c Crateras de Marte.

Muitos pesquisadores entendem que apesar do impacto inicial produzido pelo trabalho de Carl Sagan, a exobiologia teve serias dificuldades iniciais devido a ausência de objetivos concretos de pesquisa. Contudo, uma reversão de expectativa ocorreu com a descoberta dos extremofilicos, e a conclusão de que se deveria tratar com igual importância, o surgimento da vida na Terra e em outros planetas. A partir de então, o estudo da origem da vida ganhou impulso e passou a se chamar astrobiologia.

À astrobiologia interessa a pesquisa sobre existência da vida no sistema solar e além. Daí a importância para a investigação, de poderosos telescópios como o de Arecibo – Figura 10.23 – ou do sistema ALMA no deserto de Atacama no Chile -Figura 10.24. Tudo isso além das sondas espaciais. As investigações sobre a origem da vida da Terra levou à formulação da hipótese de LUCA, o modelo que serve de paradigma das pesquisas sobre a origem da vida também em outros planetas. Por outro lado, a filogenética permitiu construir a arvore das espécies, enquanto a paleoantropologia tornou-se uma ferramenta valiosa para se comprovar a teoria da evolução.

De qualquer modo, quando se analisa o papel do código genético em conjunto com o sistema DNA/RNA na reprodução, têm-se mais um elemento fundamental para a abordagem dos mecanismos de evolução das espécies. No entanto, ressalte-se que esse modelo ainda não foi testado em espécies desenvolvidas em outro planeta.

Comparada com fotos mais recentes de Marte, a Fotografia 10.1c parece trivial. No entanto, independente da qualidade técnica, as fotos tiradas pela Mariner IV são um marco histórico pelo pioneirismo. A missão estabeleceu paradigmas para o estudo da origem da vida, o que ajudou a impulsionar a astrobiologia.

Alguns planetas do sistema solar servem de laboratório para a análise de fenômenos básicos da origem da vida. Assim, os processos da química pré-biótica que deram origem à vida na Terra podem ser analisados e comparados através de condições diferentes. No sistema solar, o planeta Marte, as luas: Europa, Titã e Enceladus, além de alguns cometas, apresentam indícios da origem da vida que chamam atenção da astrobiólogia. Os fatos são os seguintes;

- I O planeta Marte pode ter tido vida no passado, enquanto em Europa, o satélite de Júpiter, supõe-se que exista água liquida sob a camada de gelo da superfície, e possivelmente atividade hidrotermal. A lua Enceladus é geologicamente ativa, possui geisers que expelem vapor de agua, e gelo.
- II Os cometas são corpos moveis com o potencial de abrigar a química orgânica préexistente na formação do sistema solar. Portanto, eles possivelmente contem amostras das condições objetivas que permitiram

o inicio da vida na Terra, ou em outro planeta.

Titã, um dos satélites de Saturno, é visto como um lugar de enorme potencial para a origem da vida como foi citado em I. As observações da astrobiologia demonstram que Titã é provavelmente o satélite mais propício para o desenvolvimento da química pré-biótica do sistema solar. A importância de Titã para a astrobiologia levou as agencias NASA e a ESA, a criarem a missão Cassini-Huygens.

Missão Cassini-Huygens

A missão Cassini-Huygens, feita em conjunto por NASA e ESA, pôs a astrobiologia em um novo patamar pelo arrojo dos objetivos. Lançada em 15/10/97, a principal finalidade foi efetuar medições da atmosfera e da superfície de Titã, a maior lua de Saturno. A espaçonave da missão foi formada por uma nave orbital, Cassini, e uma sonda, Huygens, para ser lançada de páraquedas sobre a superfície de Titã, e então medir "in situ" as características físicas e a composição química da atmosfera. {[58]; 392}

O empreendimento envolveu pelo menos 260 cientistas dos Estados Unidos e de 17 países europeus, alem centenas de engenheiros e técnicos de diversas áreas. Em 1997 houve o lançamento pelo foguete Titã IV da NASA. O projeto incorporou um vasto programa de pesquisas interdisciplinares envolvendo a química da interação: atmosfera-superficie. {[57]; 66}

Planetas e exoplanetas

A hipótese de que a vida terrestre surgiu de seres termofilicos reforça a ideia de que fenômeno semelhante pode ocorrer em outros planetas desde que haja água e uma bioquímica baseada em carbono. {[57]; 271}

O argumento principal da impossibilidade do surgimento da vida em altas temperaturas alega que acima de 110°C, macromoléculas como o sistema DNA/RNA tornam-se instáveis, enquanto a permeabilidade da própria membrana fica comprometida pela energia termodinâmica radiada. {[57]; 11) Entretanto, admite-se que a origem da vida da Terra pode ter acontecido através de uma protocélula moderadamente termofilica, que seria suficientemente quente para auxiliar a catálise do processo biológico, mas, sem permitir a degradação de seus elementos orgânicos. Portanto, os hipertermofilicos teriam surgido mais tarde através da adaptação ao meio ambiente.

A procura da vida em outros planetas é subdividida em duas categorias; Em planetas do sistema solar e em planetas de outras estrelas, que são chamados exoplanetas. A maioria dos exoplanetas já encontrados estão no máximo há 300 anos-luz do Sol. Observe-se que 1 parsec (pc) é equivalente a 3,262 Anos-Luz. Na busca pelos exoplanetas é importante localizar estrelas de massa semelhante ao Sol.

Acontece que essas estrelas têm um processo de formação, chamado T-Tauri, cuja evolução é conhecida pela astrofísica. Por outro lado, espera-se dessa maneira detectar sistemas planetários com zonas habitáveis semelhantes a do sistema solar.

A vida no sistema solar, que se conhece até o presente e existe na Terra, teve origem na mesma nebulosa, a nebulosa de Orion ou, M42. Os modelos de formação do sistema solar consideram que seus planetas fizeram parte do mesmo processo T-Tauri, logo, todos surgiram do mesmo disco protoplanetário. Portanto, eles têm pontos comuns em suas formações, e probabilidades para a origem da vida.

O fato dos planetas terem a mesma matriz de origem significa que métodos de pesquisa de espécies como os extremófilicos da Terra, poderão ser uteis em satélites de planetas, como Europa e Titã. Como exemplo; A metodologia de prospecção da vida nos lagos subglaciais da Antártida – no Polo Sul – utiliza robôs de buscas para ambientes extremos, que seriam uteis nos oceanos sob a capa de gelo do satélite de Júpiter, Europa. {[56]; 227}

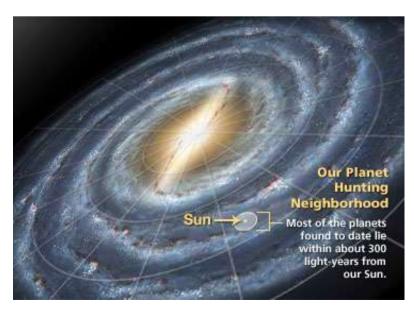


Ilustração da Via Láctea. Os planetas de estrelas diferentes do Sol são chamados de exoplanetas. Entretanto, na procura de vida, tenta-se localizar exoplanetas de estrelas com massa semelhante à do Sol.

Figura 10.2

A Figura 10.2 é uma representação da Via Láctea mostrando a posição relativa do sistema solar no disco da galáxia. O sistema solar está situado na nebulosa de Orion, que por sua vez se encontra à 8,5 Kparsec do centro da Via Láctea.

Planetas e luas

Devido à posição em relação ao Sol, os principais planetas do sistema solar são classificados em dois grupos: Têm-se os planetas denominados terrestres devido à predominância de matéria rochosa, que são: Mercúrio, Venus, Terra e Marte. E os gigantes de gelo; Júpiter, Saturno, Urano e Netuno, que ficam além do Cinturão de Asteroides. De qualquer maneira, além de Marte, as luas dos planetas, Júpiter e Saturno, possuem indícios de vida que estimulam a astrobiologia.

Marte possui temperatura média de -60°C, pressão entre 0,5 e 1,0KPa (A Terra; ~101,3Kpa) e sua atmosfera é composta principalmente de CO₂;95%. Portanto, as condições da superfície são extremamente desfavoráveis à existência de vida em comparação com a Terra. Os modelos geológicos de Marte permitem supor que ele perdeu bastante da atmosfera existente há pelo menos 3.5 bilhões de anos.

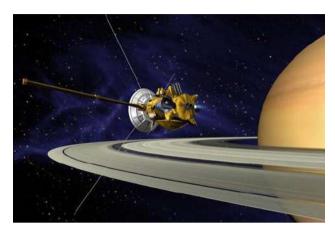
Devido à baixa temperatura, estima-se que a atmosfera atual possui traços de água, seja na forma de gelo ou de vapor. {[59]: 301} Mas, constatou-se a existência da água sob a forma de gelo, ou minerais hidratados próximo da superfície. O fato é que matéria desse tipo encontrado pelo robô opportunity - Figuras 10.16 - é um forte indício de que no passado houve correntes de água na superfície de Marte.

Venus. É observado da Terra como um dos objetos mais brilhantes do céu pela manhã. É o planeta mais parecido com a

Terra em termos de tamanho e densidade, o que leva a pensar que ambos foram formados em condições semelhantes. No entanto, as semelhanças param nesse ponto. A Terra possui atividade geológica intensa. Ao mesmo tempo, o movimento das placas tectônicas, que está diretamente associado aos processos cíclicos da diversidade da vida, não deve existir em Vênus. {[59]; 149} As condições atmosféricas de Vênus; Temperatura de 468°C e pressão 90 vezes maior do que a da Terra, levam à conclusão de que as condições de sobrevivência na sua superfície são extremamente desfavoráveis em comparação com a Terra.

Júpiter. Os quatro planetas gigantes; Júpiter, Saturno, Urano, Netuno, contem 99.5% de toda a massa do sistema solar. {[59]; 301} E dentre esses, Júpiter e Saturno são formados predominantemente por hidrogênio, gás hélio, e elementos pesados em seus núcleos densos. {[59]; 403} No entanto, entre os quatro satélites de Júpiter; Io, Europa, Ganimede e Callisto (descobertos por Galleu Galilei em 1610), foi detectado pelo Observatório Nacional de monte Kitt, EUA – usando-se infravermelho – que os três últimos possuem gelo na superfície. Em 1971, John Lewis sugeriu que pode existir água sob o gelo. {[73]; 129}

Saturno. O planeta, Figura 10.3, possui dois satélites que merecem atenção especial; Enceladus e Titã. Enceladus, a pequena lua, foi investigada também pela missão Cassini- Huygens. Ela deve ter uma fonte de calor interno que a torna geologicamente ativa e produz gêiseres que expelem vapor de água e gelo. {[73]; 130} Saturno possui dezoito luas. Dentre elas, Titã é a maior, seu tamanho é intermediário entre o da Terra e o da Lua. Os anéis de Saturno – mostrados na figura – são permeados pelas orbitas de suas luas.



A espaçonave entrou na órbita de Saturno em 30/06/2004, e permaneceu em orbita enviando informações à Terra até 2009. A sonda Huygens (ESA), lançada na superfície de Titã, tinha a previsão de funcionar durante três minutos enquanto transmitia as informações para Cassini. Entretanto, após 152 minutos da descida, ela funcionou ainda por uma hora. A missão foi concluída em 2009.

Figura 10.3 – Missão Cassini-Huygens.

A lua Titã

Titã, Figura 10.4, o maior satélite de Saturno, foi o principal alvo da missão Cassini-Huygens. O satélite possui uma atmosfera rica em compostos orgânicos e é tido como um dos melhores casos para se encontrar vida fora da Terra. {[73]; 263} Antes da Cassini-Huygens, a missão Voyager 1 foi a observação mais próxima que uma sonda espacial realizou sobre Titã. A investigação foi feita à uma distancia de 6969 Km, em 12/11/1980.

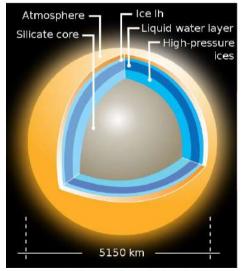


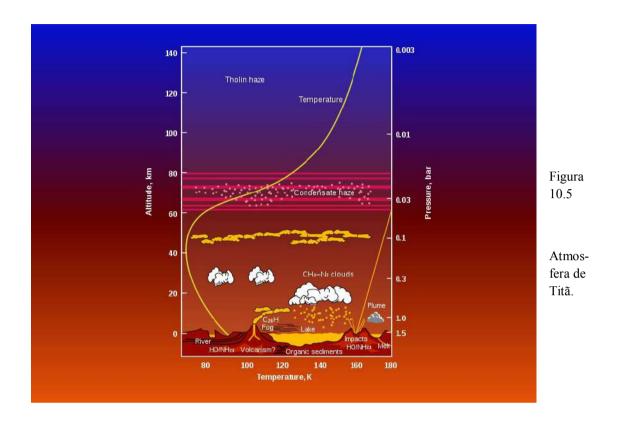
Figura 10.4 – Composição da lua de Saturno, Titã.

- atmosfera

Titã possui um núcleo sólido envolto por gelo e água. A atmosfera, Figura 10.5 – cinco vezes mais densa do que a da Terra é composta principalmente por N₂. Outros componentes são: metano (CH₄) e em menor escala, H₂. A temperatura da superfície é 94°K e a pressão: 1,5 bar. Apesar disso, existem semelhanças com a Terra. A estrutura vertical da atmosfera, por exemplo, é parecida com a da Terra, embora a mesosfera seja muito mais alta; 400 km. A mesosfera da Terra tem altura de 100 km.

- gases do efeito estufa.

Entretanto, assim como na Terra, em Titã existem gases que provocam o efeito estufa. O principal é metano, e em menor escala o nitrogênio e o hidrogênio (H₂). {[73]; 268}, {[59]; 482} A partir dos instrumentos da missão Cassini-Huygens, foram identificadas na superfície de Titã várias substancias com origens diferentes. Isso sugere a ocorrência de processos: vulcânicos, tectônicos, sedimentários e meteorológicos no meio ambiente de Titã. {[73]; 269}



A atmosfera de Titã mostra as evidencias de várias camadas de névoas (Haze, em Inglês) que resultam em uma cor alaranjada observada na Figura 10.5. A ação combinada do metano com nitrogênio (N₂) produz na atmosfera compostos nitrogenados como hidrocarbonos, nitrocompostos e misturas sólidas de complexos orgânicos - denominados tholins - através da irradiação de gases como CH₄ e NH_{3.} {[57]; 61}

A lua Europa

Embora a definição de zona habitável de uma estrela seja adequada para justificar a existência de vida na Terra, ela deixa de fora um dos lugares mais promissores para o surgimento de vida no sistema solar, o satélite de Júpiter, Europa, os quais estão situados além do Cinturão de Asteroides. Figura 10.6.

Existe mais de um modelo para explicar o estado térmico das camadas de H₂O de Europa. Figura 10.6. Contudo, as evidências melhor aceitas para um modelo foram obtidas pela Missão Galileu. {[59]; 433} Concluiu-se então que Europa possui um núcleo de ferro coberto por uma camada de matéria rochosa. Além disso, a biosfera possui um oceano de agua com cerca de 100 Km de profundidade coberto por uma camada de gelo, como mostra a parte inferior da Figura 10.6. {[73]; 286}. Europa tem uma fonte de energia independente do Sol; O calor gerado pelo movimento oscilatório de sua massa devido à ressonância orbital com outros satélites de Júpiter. {[73]; 286} Em cada órbita, o núcleo e a camada rochosa envoltória permanecem sincronizados com Júpiter, no entanto, a camada externa, congelada e rígida, pode girar sobre si própria e se desprender da agua sob a superfície. O que acaba provocando fricção e calor. {[59]; 433}

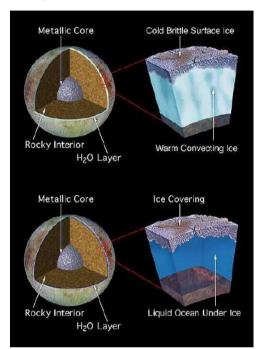


Figura 10.6 – Dois modelos da lua Europa. No modelo da parte superior direita, sob a camada de gelo haveria o gelo aquecido movimentandose por convecção; Hipótese pouco provável.

Imagens da sonda Voyager mostraram poucos sinais de impactos na superfície da lua de Júpiter, Europa. Entretanto, observações recentes sugerem que a superfície de Europa foi reconstituída provavelmente pela ação contínua do movimento tectônico. Por outro lado, fotografías tiradas pela sonda Galileu, mostrada pela Figura 10.7, revelaram marcas na superfície de Europa, como grandes canais, rachaduras, longas junções de extremidades em alto relevo ("ridges", em Inglês), e manchas escuras típicas da existência de substância líquida sob a crosta de gelo. {[73]; 287}, {[56]; 14}

- sonda Galileu.

As manchas marrons da Figura 10.7 são provavelmente sais hidratados e compostos de enxofre misturados ao gelo da superfície. Essas manchas se estendem por dezenas de centenas de quilômetros de linhas entrecruzadas, formando uma malha, e canais que comprovam a existência de dois processos atuantes em Europa; A formação de um terreno congelado caótico, e o movimento tectônico. {[73]; 287}

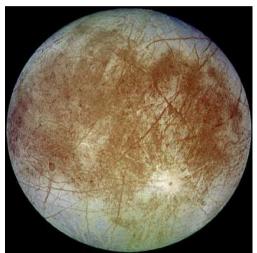


Figura 10.7 (NASA/JPL) – Fotografia da superfície de Europa obtida pela sonda Galileu.

O ponto envolvido pela área brilhante na região sudeste da imagem da Figura 10.7 é uma cratera que foi criada provavelmente pelo impacto de um asteroide.

A energia que aquece o interior de Europa e cria o movimento tectônico, tem origem na sua interação orbital com Júpiter. chamada ressonância orbital. A ressonância orbital acontece quando dois satélites têm períodos orbitais relacionados por um numero inteiro. Esse fator provoca uma influencia gravitacional mutua e cria as excentricidades de suas orbitas. Três satélites de Júpiter estão sob essa condição; Ganymede, Europa, Io, na proporção: 1;2;4. {[59]; 433}

Entretanto, mais significativo é o fato dos pares; *Io-Europa* e *Europa-Ganymede* serem submetidos à precessão ao girarem em torno de Júpiter, precisamente sob uma mesma taxa. Isso significa que a força que mantém suas excentricidades atua de forma periódica e continua, enquanto os satélites giram em torno de Júpiter. {[59]; 433}.

Resumo

Excetuando-se a Terra, nenhum dos outros planetas terrestres possui compostos orgânicos em quantidade significativa na atmosfera. As atmosferas de Marte e Venus, por exemplo, são formadas de pelo menos 90% de CO₂ O fato é que isso demonstra a extrema dificuldade da existência de vida atualmente nesses planetas. Contudo, isso não significa que algum deles como Marte, não teve vida no passado. {[57];.60}

Já nos planetas gelados; Júpiter, Saturno, Urano, Netuno, são detectados concentrações consideráveis de metano (CH₄), o que permite a ocorrência da química orgânica de maneira significativa, e estimula a procura de vida em Europa e Titã. Outros satélites do sistema solar que recebem atenção especial são Io do planeta Júpiter, além de Triton do planeta Netuno, e Enceladus, o pequeno satélite de Saturno. Entretanto, além de planetas e meteoritos, objetos cósmicos ainda mais enigmáticos da origem da vida são os cometas.



Figura 10.8. Cometa Wild2

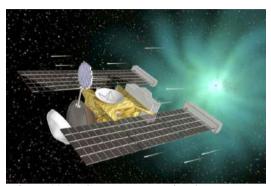


Figura 10.9 - Concepção artística da espaçonave Stardust, NASA.

Cometas

Os cometas são formados de matéria da nebulosa onde surgiu o sistema solar. Portanto, a procura da vida no sistema não deve se resumir apenas em identificar planetas onde haja matéria indispensável à vida. É também necessário responder a questões em aberto sobre a origem da vida na própria Terra. A questão clássica é saber a procedência da matéria de LUCA, a protocélula de onde surgiu a vida. É possível que a resposta a essa questão receba subsídios importantes, a partir das pesquisas sobre o tipo de matéria transportada pelo cometa 67P/ChuryumovGerasimenko.

Até pouco tempo imaginava-se que a matéria dos cometas era exclusiva de regiões do disco protoplanetário, que tinham permanecido distantes dos processos de aquecimento e irradiação da matéria. E por isso mesmo permaneceram tão distantes do Sol quanto o Cinturão de Kuiper, ou a Nuvem de Oort. No entanto, o cometa Wild2, Figura 10.8, mostrou algo diferente. Em conjunto com os meteoritos do tipo condrule, os cometas fazem parte dos "arquivos" mais significativos da matéria prístina da nebulosa protosolar.

A composição da matéria cometária foi sempre obtida através de observações feitas a partir da Terra. No entanto, o advento dos veículos espaciais tornou possível as observações diretas (in situ), como as missões; Stardust, Gioto, Deep Space, Rosetta, etc.

Missão Stardust

O objetivo da missão foi obter amostras da matéria do cometa para a análise em laboratório. Segundo Dr. Don Brownlee, pesquisador da missão, anteriormente se pensava que a matéria a ser coletada do cometa Wild2 seria formada da poeira existente na nebulosa, de antes da formação do Sol. Essa foi a razão da escolha do nome, Stardust.

Depois de aproximar-se do cometa Wild2 em 2 de Janeiro de 2004, a nave Stardust atravessou a nuvem de gás e poeira em torno do cometa, ao mesmo tempo que sua grade coletora – Figura 10.12a – capturava amostras da matéria em suspensão. O fato é que, após o retorno da missão, o resultado a que chegaram após a análise desse material foi uma grande surpresa.

Cometa Wild2. As amostras coletadas do cometa Wild2 revelaram uma mistura de matéria de alta temperatura, como CAI, com a matéria proveniente de regiões congeladas do disco protoplanetário. Logo, tal composição foi considerada uma grande novidade. Imaginava-se até então que a matéria dos cometas era exclusiva de regiões distantes do Sol. A conclusão foi que parte da matéria do cometa, após ter sido processada no interior do disco solar foi transportada para além do planeta Netuno.

Além de substâncias sólidas como metais e minerais, a espaçonave Stardust capturou Glicina, do cometa Wild2. É possível que a Glicina, um dos aminoácidos do código genético, tenha sido entregue à Terra através de cometas há 3,9 bilhões de anos.

Figura 10.10 – A recepção do container da Missão Stardust em 17de Janeiro de 2006 após o desembarque em Ellington Field. O local pertence à Força Aérea N. Americana, próximo ao Johnson Space Center, Utha, USA.



Figura 10.10

A Figura 10.11 mostra detalhes das partículas do tipo CAI (Calcium Aluminum Inclusions), capturadas do Cometa Wild2 pela espaçonave Stardust. Essas partículas constituem a matéria refratária processada em temperaturas em torno de 2000°K durante a formação dos planetas do sistema solar.

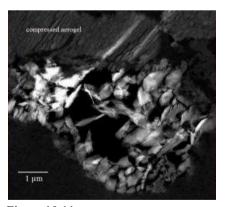


Figura 10.11

o sistema coletor.

A Figura 10.12a exibe as células da grade coletora contendo Aerogel, a substância que retém as partículas capturadas pela espaçonave Stardust.

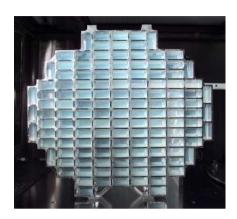


Figura 10.12a – Grade coletora da espaçonave Stardust.



Figura 10.12b

A Figura 10.12b é o desenho do sistema coletor formado pela cápsula de onde emerge a grade de captura da matéria cometária. O sistema fica acoplado a espaçonave Stardust. Observe-se na parte superior da figura a estrutura da grade coletora exibida com mais detalhes na Figura 10.12 a.

Matéria exógena

As circunstancias que determinaram a orientação espacial dos aminoácidos do código genético constituem a questão mais intrigante da origem da vida. Ao mesmo tempo,

a hipótese de que fenômenos como a radiação eletromagnética polarizada circularmente, ou, UVCPL - gerada por estrelas de neutros - induzem o excesso de enantiomeros, fortalece o argumento de que os aminoácidos do código genético podem ter sido submetidos aos efeitos de fenômenos gerados por supernovas. {[57]; 77, 102}

Matéria Quiral

Os enantiomeros são moléculas que diferem entre si apenas pela conformação espacial. Em circunstâncias corriqueiras, os aminoácidos são produzidos em misturas racêmicas, ou seja, a quantidade de moléculas do tipo L é a mesma de moléculas do tipo D. Logo, quando uma mistura do mesmo aminoácido, por qualquer razão, possui maior percentual um tipo em relação ao outro, dizse que há um excesso enantiométrico.

O fato dos aminoácidos do código genético serem homoquirais do tipo L faz com que a hipótese da origem da vida através de LUCA tenha que elucidar a seguinte questão; Se a protocélula primordial surgiu nas encostas de vulcões, ou nas proximidades de correntes hidrotermais a partir de aminoácidos de geração endógena (1), como explicar então o excesso enantiométrico, sem o qual LUCA não teria sido possível?

Os aminoácidos do código genético são homoquirais, ou seja, são exclusivamente do tipo L. E isso pode significar que os aminoácidos de LUCA surgiram em circunstâncias especiais como a matéria cósmica que é submetida às radiações UVCPL emitidas por uma estrela de neutros. Portanto, se esse foi o caso, após a formação dos planetas essa matéria deve ter sido entregue a Terra por cometas ou meteoritos. A hipótese de que os aminoácidos que deram origem a vida podem ter sido entregues a Terra através de cometas levou a ESA ao projeto da missão espacial Rosetta. {[60]; 14} (1) Observe-se que se está considerando que aminoácidos de produção endógena são misturas racêmicas como aquelas obtidas em laboratórios.

A vida no sistema solar

Zona habitável. Zona habitável de uma estrela é a região do seu entorno onde é possível a existência de planetas com hidrosferas estáveis, que são mantidas através de processos geofísicos e climáticos. A temperatura e pressão (273°K e 647°K; 0,006bars e 220bars) devem ser compatíveis com a existência de água líquida. {[58]; 201} Um planeta é habitável se tiver água e atmosfera estável na superfície. A Terra é considerada como paradigma; Ela movimenta-se na zona habitável do Sol mantendo água liquida na superfície mesmo quando a distancia em relação ao Sol, varia.

Tomando-se os quatro planetas da parte interna do sistema solar; Marte, Terra, Venus, Mercúrio, chamados planetas telúricos, excetuando-se a Terra, nenhum dos outros com atmosfera (Vênus e Marte) possui moléculas orgânicas em quantidade significativa em suspensão. As atmosferas de Vênus e Marte são formadas principalmente, mais de 90%, de CO₂ e traços de N₂.

Portanto, a ausência de monóxido de carbono (CO) em quantidade considerável impede o surgimento do aldeído mais simples, o formaldeído; H – CO – H. Esse fato demonstra a impossibilidade da geração de vida nesses planetas. {[57]; 60} No entanto, isso não significa dizer que Marte, por exemplo, não teve vida no passado. Já nos planetas gigantes é possível detectar concentrações consideráveis de metano (CH₄),

o que cria condições para ocorrência da química orgânica de modo significativo. Dentre os quatro gigantes de gelo constatase que Titã, o maior satélite de Saturno e 2ª maior lua do sistema solar, tem uma atmosfera rica em componentes orgânicos, e uma temperatura entre 90°K e 100°K, e pressão de 1,5bar na superfície. Modelos desenvolvidos preveem a existência de lagos de metano e etano nesse satélite. {[57]; 61}

- a procura de vida extraterrestre.

A busca de vida extraterrestre procura em primeiro lugar identificar a existência de água, fontes de matéria orgânica e condições de habitação do planeta. {[58]; 347} Várias missões tem investigado as possibilidades de existir vida em outros planetas do sistema solar. A investigação das propriedades dos planetas utiliza dois métodos; O sensoriamento remoto através de imagem ou, espectroscopia. E a análise in situ, que usa a espectrometria de massa, ou, a espectroscopia X/γ . {[58]; 141}

O sensoriamento remoto procura através da captura de imagem pela luz visível, ultravioleta, ou infravermelho, investigar as superfícies e as propriedades dinâmicas como as correntes atmosféricas dos planetas. Entretanto, a sondagem através de imagens é um processo seletivo. O caso do infravermelho, por exemplo, é apropriado para penetrar a fundo atmosferas como a de Vênus, ou dos planetas gigantes. Enquanto a sondagem através de radiação ultravioleta é mais adequada para a camada atmosférica superior.

A espectroscopia dos planetas é dividida em duas faixas de comprimentos-de-onda (λ); A faixa com $\lambda < 4$ - 5μm, que corresponde à parcela refletida da luz solar incidente. E a segunda faixa, onde $\lambda > 4 - 5\mu m$, a qual corresponde à parcela de radiação

luminosa que é absorvida e em seguida, é reemitida com um comprimento de onda maior do que o incidente. A sondagem da primeira faixa é utilizada na identificação de componentes atmosféricos como CO₂ e nuvens de H₂O. Enquanto a segunda faixa é empregada na identificação de compostos em menor percentual, das atmosferas dos planetas gigantes. {[58]; 142, 143, 145}

Duas missões especiais

As sondas gêmeas Voyager 1 e Voyager 2 foram lançadas em 1977 inicialmente para explorar os planetas Júpiter e Saturno. No entanto, após a missão primaria, veio uma segunda etapa. Em Setembro de 2013, a Voyager 1 deixou a heliosfera e passou a se deslocar no espaço interestelar, entre as estrelas da Via Láctea. Espera-se que a Voyager 2 faça o mesmo.



Figura 10.12c – A sonda Voyager 1 da NASA e alguns de seus aparelhos de medição. Ela penetrou o espaço interestelar em 12 de Setembro de 2013. O nome original da Voyager 1 era Mariner 11, e da Voyager 2, Mariner 12.

As duas espaçonaves continuam enviando informações do cosmos através do DSN; Deep Space Network. DSN é uma rede internacional de antenas baseada em radio comunicação e radar para suporte de missões interplanetárias do sistema solar e

além. A rede também apoia algumas missões selecionadas na orbita da Terra. O sistema é formado pelas três instalações seguintes, separadas de 120° entre si, ao redor da Terra; Goldstone, no deserto de Mojave, Califórnia; Próximo à Madri, Espanha; Canberra, na Austrália.

A sonda Pioneer 10, lancada em 1972, foi a primeira a observar Júpiter, por onde passou em 3 de Dezembro de 1973. Ela carrega uma placa de ouro onde é mostrada a aparência dos humanos, a localização da Terra, e quando a missão começou. Foi a primeira a atravessar o Cinturão de Asteroides. Terminou a missão primaria em 31 de Março de 1997. Contudo, assim como a Pioneer 11, lançada em 1973, supõe-se que continua navegando através do espaço interestelar.

Missões no Sistema Solar

Várias missões espaciais têm procurado evidências da existência de vida no sistema solar desde a Mariner IV, a sonda lançada pela NASA em 1964, e que durante dois dias tirou fotografias da superfície de Marte em 1965. Ver a Figura 1.1. O planeta Marte, provavelmente pelo fascínio que exerce no imaginário popular, tem sido intensamente investigado com a expectativa de se encontrar vestígios de vida.

Por outro lado, as sondas gêmeas Voyager 1 e Voyager 2 – Ver a Figura 10.12c – são casos especiais, pois não só investigaram as luas dos planetas gigantes de gelo do sistema solar, como também investigaram os campos magnéticos desses planetas. Além disso, as sondas têm coletado dados sobre a natureza do plasma da heliosfera, e do plasma do espaço interestelar.

Portanto, após as missões às luas de Saturno e Júpiter, Titã e Europa, já discutidas anteriormente, a seguir são apresentados os resumos das missões ao planeta Marte e ao cometa 67P/ChuryumovGerasimenko, na seguinte sequencia: I – Missões à Marte: Mars Reconnaissance Orbiter (MRO); Mars Global Surveyor; Mars Odyssey; Spirit e Opportunity. 2 – Missão ao cometa 67p/Churyumov-Gerasimenko, também chamada Missão Rosetta, que inclui o Experimento COSAC.

I – Missão MRO



Figura 10.13 – Ilustração da Missão MRO, sobrevoando Marte.



Figura 10.14 – Os canais do solo marciano

A missão MRO foi lançada pela NASA em 2005. A nave orbital – Figura 10.13 – tem

permanecido na órbita de Marte desde 2006. O objetivo é investigar a atmosfera e a geologia. Assim, procura-se saber se o período de existência da água do planeta foi suficiente para o surgimento da vida. A Figura 10.14 mostra curiosas reentrâncias na superficie, o que sugere a existência de água no passado. A sonda também serve de estação de dados para outras missões como; Mars Exploration Rover Opportunity.

Fotografias de Marte mostram evidencias de que há mais de três bilhões de anos havia água abundante, além de uma espessa atmosfera na superfície. {[58]; 103}. Varias medições indicaram que no verão, sua temperatura varia entre -100°C e 20°C em um intervalo de 24 horas. Constatou-se ainda que o solo é coberto por uma camada fina e seca de areia incapaz de reter calor.

Os sulcos na superfície da figura 10.14 mostram os canais de Marte. Eles foram criados provavelmente por substancia liquida. Sabe-se também que sua superfície é incapaz de reter agua liquida.

Ao contrario da Terra, Marte não tem água liquida perene, nem nuvens de H₂O que ajudem a controlar a temperatura. {[58]; 104} Durante o outono e o inverno marciano, a temperatura em altas latitudes – regiões polares – atinge entre 140°K e 150°K, que é o ponto de congelamento do dióxido de carbono, logo, nesses períodos essas regiões ficam cobertas de CO₂ congelado.

II – Missão Mars Global Surveyor A missão foi lançada pela NASA em 11 de Julho de 1996 para o mapeamento da superfície de Marte. O objetivo foi definir a composição mineralógica (usando-se espectrômetro) do solo, além do levantamento topográfico com altímetro à Laser. {[58]; 409} A figura 10.15 é uma concepção artística

da espaçonave Mars Global Surveyor. Após nove anos de órbita em torno de Marte, a espaçonave cessou de enviar sinais a Terra em 02 de Novembro de 2006.



Figura 10.15 - Mars Global Surveyor

A sonda Mars Global Surveyor descobriu frações de CO₂ sob a forma de nuvens de gelo. {[58]; 105} Durante a primavera e o verão constatou-se que a crosta de CO₂ de Marte é sublimada e retorna à atmosfera. Consequentemente, a crosta que permanece congelada se retrai e continua como calota polar. Constatou-se ainda que no hemisfério Norte do planeta, a capa de CO₂ desaparece completamente deixando apenas a camada inferior de água congelada. E no hemisfério Sul, a capa remanescente é assimétrica e varia com a longitude.

A água de Marte encontra-se no polo Norte sob a forma de gelo, em uma camada com espessura entre alguns milímetros nas bordas e dezenas de metros na região polar central. No polo Sul a capa congelada é composta principalmente de CO₂. Entretanto, descobertas de outra sonda, a Mars Express, detectaram água congelada a partir da calota de CO₂. Essa sonda foi lançada pela

agencia ESA em 06 de Fevereiro de 2003 para o mapeamento geológico em alta resolução, mapeamento mineralógico, mapeamento da composição atmosférica, e estudo do subsolo de Marte. {[58]; 410}

III – Missão Mars Odyssey

Missão lançada pela NASA em 04 de Julho de 2001. O objetivo é medir radiações potencialmente perigosas aos humanos. Também investiga a composição mineralógica e o hidrogênio da superfície. {[58]; 409} A sonda Mars Odyssey, através do espectrômetro de raios gama, detectou na latitude entre 55° e 60°, em ambos os hemisférios, que Marte possui água congelada sob a superfície, em camadas de "gelo sujo" com espessura acima de um metro. {[58]; 108}

IV – Missão Spirit e Opportunity



Figura 10.16 – Robô sobre a superfície de Marte. Concepção artística. (NASA/JPL-Caltech/Cornell University)

Dois robôs gêmeos – Spirit e Opportunity – foram lançados em 10/06/03 e 07/07/03 pela NASA, e pousaram em lados opostos de Marte em 03/01/04 e 24/01/04. Ambos foram equipados com câmeras de infravermelho, espectrômetros, e microscópios para a procura de vestígios de água, do passado

do planeta. O robô Spirit pousou em Gusev Crater, uma área avaliada anteriormente como o possível leito de um lago extinto.

Opportunity pousou em Planum Meridiani, um terreno antigo cujo basalto sob a superfície estima-se ser mais antigo do que 3,7 bilhões de anos. No local havia a previsão - feita por sondas orbitais - de que haveria Hematita, cuja formação ocorre quando existe água no terreno. {[58]; 410}, {[59]; 335, 336, 833, 909} A previsão inicial de duração da missão era 90 dias. Contudo, Spirit funcionou até 22/03/2010, enquanto Opportunity continua seu trabalho tendo percorrido até Janeiro de 2014 cerca de 38 Km. Existe a previsão de uma missão ao planeta em Setembro de 2014 para explorar sua atmosfera superior. Estima-se que em 2030 será possível enviar uma missão tripulada a Marte.



Figura 10.17 – Testes de laboratório, dos robôs gêmeos da NASA.

V – Missão Rosetta

Compostos orgânicos existiram na nebulosa solar antes dos planetas. Na formação do sistema essa matéria foi processada e incorporada aos planetas, inclusive aos cometas. Ver; Nebulosa Solar, Capitulo 1. Rosetta é o nome da missão da ESA lançada em Março de 2004. Um dos objetivos é determinar o tipo (quiralidade) da matéria orgânica do cometa 67P/ChuryumovGerasimenko. A missão pode resumida na aproximação com

o cometa e o pouso da sonda Philae sobre sua superfície para extrair material de pesquisa. Figura 10.19. Amostras do cometa serão recolhidas e após serem analisadas, os resultados serão enviados à Terra. {[56]; 337}

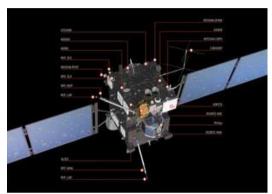


Figura 10.18 – Espaçonave da Missão Rosetta.

O cometa 67p/ChuryumovGerasimenko é produto da formação do sistema solar há 4,56 bilhões de anos. A espaçonave da missão Rosetta, após hibernar desde Junho de 2011 além da orbita de Júpiter, "acordou" em Janeiro de 2014 e aguardou o cometa para persegui-lo à mais de 3.500Km/h em direção ao Sol. O modulo Philae foi projetado para pousar sobre o cometa e realizar o experimento COSAC. A aproximação ocorreu em Agosto de 2014. E apesar de contratempos devido à rigidez da superfície do cometa, o pouso de Philae foi feito em 12 de Novembro de 2014. O cometa tem 4Km de extensão, e além dos vários experimentos serão feitas fotografias do seu interior.

experimento COSAC.

Após pousar sobre o cometa, o modulo fará uma perfuração de 20 cm na sua superfície gelada. Nessa oportunidade o modulo deverá recolher matéria volátil para analise química usando cromatografía de gás. Esperase que sejam detectadas mais de cem espécies de matéria, inclusive aminoácidos do código genético. {[56];337}

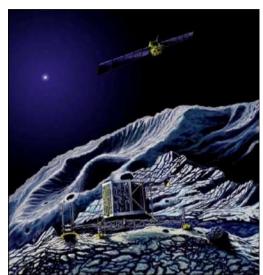


Figura 10.19 – Ilustração da espaçonave e do modulo da Missão Rosetta. Após centenas de milhões de quilômetros distantes da Terra, o modulo Philae pousou sobre a superficie do cometa 67p/ChuryumovGerasimenko, a partir da espaçonave em sua orbita.

Radiações invisíveis.

Ouando Edwin Hubble em 1929 confirmou a previsão do russo Alexander A. Friedmann, de que as galáxias moviam-se entre si, ele não só associou a Teoria da Relatividade Geral de Einstein à Astronomia, como reafirmou a importância dos telescópios para a física. Hubble usou um telescópio Hooker recém-inaugurado com um disco espelhado de 100 polegadas de diâmetro do Observatório de Monte Wilson, próximo de Los Angeles, CA, EUA. {[39]; 21}

Muitos telescópios de discos espelhados continuam sendo fabricados com diâmetros cada vez maiores. Atualmente existem, por exemplo, dois equipamentos gêmeos com espelhos de 10 metros de diâmetro no Observatório de Mauna Kea, Havai, EUA. No entanto, embora sejam importantes para a astronomia, a dependência às radiações visíveis para a formação de imagens, desses equipamentos, impõe severas restrições a

observações de objetos situados além do sistema solar. Por esse motivo são usados equipamentos sensíveis a radiações invisíveis, como a astronomia do infravermelho. Ou radiotelescópios. Também são usados telescópios espaciais, como o Hubble.

Entretanto, em alguns casos se recorre a equipamentos que trabalham tanto com a luz visível, quanto com o infravermelho, como acontece com o Large Binocular Telescope (LBT) que usa dois espelhos de 8,4m de diâmetro. O equipamento é uma parceria do Istituto Nazionale di Astrofisica (Itália) e a Universidade do Arizona, e fica localizado no Arizona, EUA.

Além do Sistema Solar

Exoplanetas são planetas que pertencem a outras estrelas, que não o Sol. A procura pela vida em exoplanetas usa a estratégia de investigar sistemas planetários semelhantes ao do Sol. Assim, procuram-se planetas que estejam na zona habitável da estrela investigada. Dessa maneira, o exoplaneta deve ter a temperatura adequada para formação de uma hidrosfera. E isso significa que a vida terá condições de se desenvolver baseada na química orgânica do carbono.

- impossibilidade da investigação In Situ.

A partir dos anos 70 do século passado, a investigação dos planetas do sistema solar, como Marte, ou as luas de Saturno e Júpiter passou a dispor de recursos como as sondas espaciais. Como consequência, a partir de então a investigação de cometas - como o 67/P ChuryumovGerasimenko – também recorre a equipamentos desse tipo. No entanto, no caso de exoplanetas, com a tecnologia disponível atualmente, as investigações ainda não podem ser feitas "In Situ". Logo, as medições devem ser realizadas à distancia, ou seja, através de telescópios e interferômetros.

Telescópios espaciais

O emprego de telescópios espaciais é uma maneira de evitar o bloqueio das imagens pelas camadas atmosféricas. O telescópio Hubble, por exemplo, – Figura 10.20 – foi construído no espaço para evitar a ação da opacidade da atmosfera da Terra na capturar de imagens dos corpos distantes.



Figura 10.20 – Telescópio espacial Hubble.

- astronomia do infravermelho.

A opacidade da atmosfera deve-se a mistura de gases que deixa passar facilmente alguns tipos de radiações como as ondas de radio, enquanto outras como a luz visível são distorcidas. As ondas de radio possuem comprimentos de onda (λ), desde alguns centímetros até dezenas de metros. Os raios-X, ultravioleta e raios gama são também bloqueados pela atmosfera. A luz visível embora atravesse a atmosfera é facilmente distorcida. Os raios infravermelhos são bloqueados nas faixas:

1. Entre; $20\mu m < \lambda < 300\mu m$, que é denominada faixa FIR (Far Infra Red).

2. Entre; 2,4 μ m < λ < 20 μ m, que é denominada faixa MIR (Mid Infra Red) Entretanto, a atmosfera permite algumas "janelas" entre; 1,0 μ m < λ < 2,4 μ m, que é denominada faixa NIR (Near Infra Red).

Nas faixas FIR e MIR, as observações devem ser feitas através de observatórios espaciais, seja por intermédio de balões, seja através de satélites. O telescópio Spitzer da NASA - Figura 10.21b - é um exemplo desse tipo de observatório.

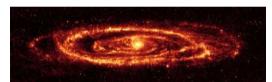


Figura 10.21a – Imagem da galáxia Andrômeda (M31) obtida pelo telescópio Spitzer em 25 de Agosto de 2004. NASA.



Figura 10.21b – O telescópio Spitzer (Space InfraRed Telescope Facility), NASA, em testes de montagem. Foi lançado em 2003 para detectar radiações na faixa entre 3,0 µm e 180 µm.



Nebulosa de Orion, um bercário típico de estrelas.

Figura 10.22

Berçário de estrelas - A Figura 10.22 é a imagem capturada pelo telescópio Spitzer em Maio de 2009 de um grupo de estrelas jovens - com idades em torno de um milhão de anos cada da nebulosa de Orion. Essas estrelas representam sistemas planetários em potencial.

Radiotelescópios

Os primeiros sinais de radio interferência detectados nos Estados Unidos aconteceram no inicio dos anos 30 do século passado. O fato é que após ter sido contratado pela empresa norte-americana de telecomunicações AT & T Bell, o astrônomo Karl Jansky montou uma antena que batizou de "Jansky's Merry-Go-Round". Ele finalmente localizou a fonte do fenômeno no centro da Via Láctea. Jansky publicou o resultado de sua pesquisa em 1933. Karl Jansky é considerado por muitos como o primeiro radio astrônomo do mundo.

Após Jansky, Grote Reber construiu a própria antena no jardim de sua residência. Entretanto, além de confirmar a descoberta de Jansky, o aparelho também auxiliou na identificação de fontes de radio interferência, nas constelações de Cygnus e Cassiopeia. A partir desse trabalho, a radioastronomia passou a ser considerada uma ciência de fato após a II Guerra Mundial. {[47]; 19}

Os radiotelescópios são a essência da astronomia das radiações invisíveis na superficie terrestre. Eles podem receber imagens que a atmosfera bloqueia para telescópios que funcionam em outras faixas de frequência. Baseados na Terra, os radiotelescópios podem capturar imagens intergalácticas, ou poderão no futuro, como será o caso do equipamento ELT (Extra Large Telescope), detectar bioassinaturas, ou seja, descobrir a existência de vida a partir dos tipos de compostos orgânicos identificados na atmosfera de um exoplaneta.

Os radiotelescópios devem trabalhar com um comprimento de onda (λ) máximo de 30 metros, e mínimo, de 5 milímetros. Abaixo desse valor as radiações são absorvidas pelo oxigênio e pelo vapor de água. Por outro lado, para comprimentos de onda abaixo de 0,3mm, as observações de corpos espaciais são praticamente impossíveis de serem registradas. {[47]; 19}

Devido às enormes áreas do disco e alta sensitividade, que depende da abertura e da eficiência do detector, radiotelescópios como o de Arecibo, Figura 10.23, de Porto Rico, são capazes de registrar objetos como exoplanetas. Eles são ainda usados na medição do "redshift" - desvio para o vermelho – de galáxias. O telescópio JCMT em Mauna Kea no Havaí, EUA, pode operar na faixa entre 3,0mm e 0,3mm. Auxiliado por sua câmera SCUBA, ele consegue registrar a formação de estrelas em outras galáxias.

O telescópio da Figura 10.23 possui um único disco. Através dele foi detectado o primeiro Pulsar de um Binário. O primeiro exoplaneta também foi detectado pelo telescópio, na orbita em torno de um Pulsar.

Interferômetros

O telescópio ALMA – Atacama Large Millimeter Array – mostrado nas figuras 10.24 e 10.25 é na verdade um interferômetro composto de 66 antenas para capturar radiações com comprimentos de onda milimétricos e submilimétricos. Sua ótima resolução angular e sensitividade permitem registrar emissões de moléculas e poeira estelar. {[47]; 410} O ALMA será capaz de formar imagens de discos protoplanetários com resolução; ~ 1,0 AU.

- campo de antenas.

Embora não seja capaz de detectar protoplanetas, o ALMA poderá detectar os gaps canais circulares através do disco protoplanetário - criados por protoplanetas massivos. {[71]; 201} Acontece que as características desses gaps podem auxiliar no calculo da massa de planetas em formação. {[71]; 253}



Courtesy of the NAIC - Arecibo Observatory, a facility of the NSF"

Figura 10.23

A Figura 10.24 mostra a instalação das unidades do campo do telescópio ALMA, para a detecção de exoplanetas. São 66 unidades que podem se mover entre si simulando, por exemplo, uma imagem em zoom. (ESO/ NAOJ/NRAO) A detecção astronômica de matéria orgânica, como aminoácidos, em nuvens moleculares de discos protoplanetários pode ser feita pela espectrometria do ALMA. {[73]; 70}



Figura 10.24 – Construção do ALMA no deserto de Atacama no Chile.



Figura 10.25 – A imagem do teste de protótipo dos telescópios ALMA. (Crédito; ESO – European Southern Observatory)

Interferômetro Espacial de Infravermelho; É composto de pequenos telescópios em uma estrutura espacial. O equipamento dispõe de um sistema de redução da radiação da estrela para que se obtenha a imagem do planeta em infravermelho. Ver as figuras: 10.32 e 10.33.

Telescópio Extremamente Largo,

ELT são telescópios que representam para a ciência de vários campos de pesquisa o máximo de retorno devido à abrangência do seu campo de atuação. Eles são formados de espelhos com diâmetros de abertura entre 50m e 100m. Os ELTs são importantes para os seguintes campos de pesquisas: I) Procura de exoplanetas com características semelhantes à Terra. II) Formação das primeiras galáxias do Universo. III) Formação das primeiras estrelas. IV) Re-ionização do Universo. {[45]; 365}

Nas pesquisas da astrobiologia, telescópios como o OWL (Overwhelmingly Large Telescope, ilustrado na Figura 10.26), que é um ELT de projeto europeu, ESO, o qual tem 100m de abertura, permitirá na distancia de 30 parsec o rastreamento de planetas distantes 1 AU da estrela mãe.

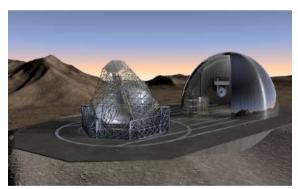


Figura 10.26 – Projeto ELT/OWL. Cortesia: European Southern Observatory

- projeto OWL.

O OWL permitirá "varrer" em torno de 1000 estrelas de uma vizinhança distante 30parsec do sistema solar. Considerando-se o espectro de onda – próximo do infravermelho – de 1,25 um, o objetivo do equipamento é detectar "bioassinaturas" - linhas

espectrais – de compostos orgânicos; O₂, O₃ H₂O, CO, CO₂, CH₄, os quais formam atmosferas habitáveis, ou biosferas. {[45];

Entretanto, os enormes desafios financeiros e tecnológicos para a construção desses observatórios obrigam os pesquisadores de astrofísica, astrobiologia e cosmologia a se contentarem com equipamentos de custos financeiros mais modestos, pelo menos, temporariamente. Uma estimativa feita para o OWL estimou seu custo em cerca de 1,2 bilhões de euros. O custo da manutenção anual seria 10% desse valor. Enquanto a instrumentação de espectrografia foi estimada em algumas centenas de milhões de dólares. {[45]; 373}

Bioassinatura

Bioassinatura é um objeto ou sinal cuja existência é o resultado de um processo biológico. No caso de objetos como fosseis de micro-organismos, a validade da bioassinatura é atestada pela idade do agente biológico encontrado na sua constituição. As bioassinaturas são procuradas tanto para identificar traços de vida na atmosfera de um planeta, quanto para comprovar ocorrências da evolução da vida na Terra. Portanto, estromatólitos como o da Figura 10.27, funcionam como bioassinaturas das espécies, os registros primordiais mais evidentes da evolução da vida terrestre.

- de exoplanetas.

A procura de vida no espaço exige um catálogo de bioassinaturas para identificar traços de vida nos exoplanetas ou, em outros planetas do sistema solar. No entanto, o pesquisador deve levar em conta a possibilidade de se deparar com bioassinaturas que não correspondam completamente àquela da atmosfera terrestre.

A bioassinatura esperada de um exoplaneta corresponde às emissões dos compostos orgânicos resultantes do metabolismo de organismos da natureza local, como a fotossíntese, que são lancados na atmosfera. Tomando-se a Terra como referencia, sabese que a concentração de oxigênio bem como gases de efeito estufa, tais como metano e dióxido de carbono, funcionam como indicadores da existência de vida.

A Figura 10.27 é a fotografia do estromatólito Rossport Group, uma bioassinatura da evolução da vida na Terra. O estromatólito, que foi localizado em Ontário, Canadá, é um bloco laminado de matéria orgânica criada por colônias de cianobactérias fossilizadas de 1,3 bilhões de anos. Ele foi formado pela compactação através dos séculos do acumulo de detritos. Estromatolitos são encontrados na água rasa de ambientes marinhos costeiros. As camadas escuras possuem concentrações de sílica que protegem a matéria orgânica da oxidação.



Figura 10.27 (NASA) Estromatólito

Assinatura eletrônica

O fato de seres evoluídos, como no caso da Terra, utilizarem intensamente a eletrônica na intercomunicação de sistemas, sugere que sinais remotos de radiações eletromagnéticas também podem significar evidencias de vida inteligente em um exoplaneta.

Métodos de detecção

A procura de exoplanetas deve levar em conta uma característica peculiar dos planetas quando observados à longas distancias; A reduzida visibilidade em relação à sua estrela. Esse é provavelmente o principal desafio na identificação de novos planetas. Na realidade, os planetas são objetos escuros em relação à luz visível emitida por suas estrelas. A radiação da luz do planeta é um bilhão de vezes mais fraca do que a da sua estrela. {[59]; 887} {[73]; 8}

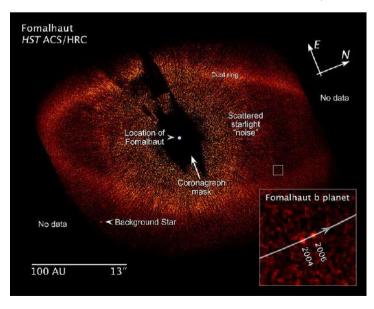
Ainda assim, graças às técnicas de medição disponíveis sabe-se que até Maio de 2006 pelo menos 193 exoplanetas já haviam sido descobertos. {[73]; 10} Algumas dessas técnicas são resumidas a seguir.

A procura por exoplanetas usa métodos indiretos e diretos. A detecção indireta usa tanto o cálculo da velocidade radial, quanto a medição do transito. {[73]; 3} No primeiro caso, que é o mais comum, a ferramenta básica é o espectrógrafo, cujas medições permitem o cálculo da massa e do período orbital do planeta. No segundo caso recorre-se a fotometria do transito.

A fotometria do transito permite o cálculo do raio do planeta a partir da queda de luminosidade da estrela devido à passagem do planeta, trânsito, em cada orbita. {[73]; 8} Um exemplo foi dado pelo elescópio Corot, cuja medição é mostrada na Figura 10.29. Já a detecção direta da imagem é feita através da Coronografia, ou, Interferômetro Astronômico de Infravermelho. {[73]; 15} Coronografia – É a técnica que suprime a intensidade da fonte luminosa do sistema. Ou seja, diminui-se a intensidade da luz da estrela para que seja acentuado o contraste entre ela e o planeta. A imagem é obtida através de um grande espelho.

- Fomalhautb, primeira descober-

ta. Fomalhautb, Figura 10.28, foi o primeiro exoplaneta confirmado pelos astrônomos, em orbita de uma estrela (Fomalhaut) à 25 anos-luz da Terra. A imagem foi obtida pelo coronógrafo da câmera de alta resolução do telescópio Hubble. A massa do planeta é estimada em até três vezes a massa de Júpiter. Nos anos 80, Fomalhautb já havia sido detectado pelo telescópio IRAS (Infra Red Astronomy Satellite).



A estrela Fomalhaut é o ponto branco no centro da figura 10.28. Enquanto o planeta Fomalhaut**b** é o ponto vermelho deslocando-se no interior do pequeno quadrado à direita, o qual foi ampliado e posto em destaque no canto inferior direito da figura.

(NASA, ESA, and G. Bacon (STScl)

Figura 10.28

Missões especiais

I — Corot. Foi a missão espacial francesa, desativada em 2013, para localizar exoplanetas semelhantes à Terra usando fotometria de transito. A sonda foi lançada em 27 de Dezembro de 2006 pela agencia francesa CNES, do Cazaquistão, Rússia. A Figura 10.29 é o registro da luz de transito do planeta *Corot* — *Exo* — 7b detectado em 03/02/2009. A depressão no centro do gráfico é o tempo de transito do planeta durante a passagem diante da estrela mãe.

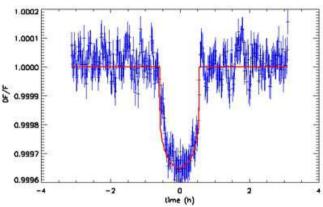


Figura 10.29 – Fotometria de Corot –Exo – 7b.

II — Hiparcos. A sonda Hiparcos, Figura 10.30, foi lançada pela ESA nos anos 90 e operou durante três anos. Produziu o catalogo de mais de 100.000 estrelas. A sonda usou a técnica de medição em que se obtém a massa e o raio do planeta através da órbita (baricentro) da estrela do sistema. {[73]; 16},{[59]; 887}

III – Kepler, Figura 10.31, foi lançado em 2009 e desativado em 2013. Tinha como objetivo encontrar planetas semelhantes à Terra nas zonas habitáveis dos sistemas planetários. O telescópio fez a "varredura" do brilho de mais de 150.000 estrelas usando a técnica do tempo de transito. Graças a esse trabalho, em Março de 2014 foi anunciada a descoberta do planeta 186f.



Figura 10.30 – Hiparcos, pioneiro na astrometria de precisão.



Em Março de 2014 foi anunciada a descoberta do exoplaneta 186f, com orbita na zona habitável da sua estrela, uma Anã Vermelha.

Figura 10.31 – Telescópio Kepler. NASA.

IV – Interferômetro Darwin

Equipamento (mid infrared interferometer) da ESA, Figura 10.32, para identificar exoplanetas semelhantes à Terra, de forma direta. Deve procurar também evidencias de vida. É constituído de um aparelho central cercado de cinco ou seis espelhos. Não deverá ser lançado antes de 2015. {[56]; 16}

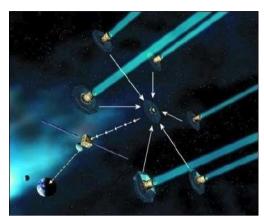


Figura 10.32 – Interferômetro Darwin

V – Projetos; TPF-I e TPF-C

TPF (Terrestrial Planet Finder) são detectores de planetas do tipo terrestre, através do bloqueio da luz emitida pela estrela do sistema. Eles procuram identificar também traços de vida nas superfícies e atmosferas desses planetas. O TPF-I e o TPF-C são equipamentos da NASA ainda em fase de projeto, usando tecnologias diferentes.

TPF-I (mid infrared interferometer) é um interferômetro espacial. Figura 10.33. Ele é composto de pequenos telescópios em estrutura única, flutuando em uma formação precisa de espaçonaves simulando um largo e poderoso telescópio.

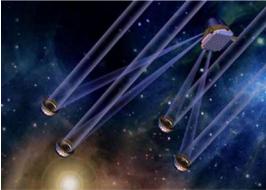
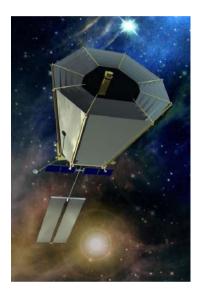


Figura 10.33 – Interferômetro de infravermelho.

Já o TPF-C (optical coronograph), Figura 10.34, Telescópio Espacial Darwin - é um enorme espelho ótico, três ou quatro vezes maior do que o do telescópio Hubble e pelo menos dez vezes mais preciso. Ele deverá captar imagens, mesmo muito tênues dos planetas, pela redução da luz da estrela por um fator igual a um bilhão.



Telecopio espacial Darwin.

Figura 10.34

Corot e Kepler podiam identificar a existência de planetas de estrelas distantes, e coletar dados estatísticos sobre a abundancia de planetas terrestres. Contudo, serão os equipamentos como o interferômetro Darwin e o telescópio espacial TPF-C, que enxergarão o movimento de planetas em torno de suas estrelas usando a espectroscopia de baixa resolução. Eles poderão detectar a emissão de H₂O e CO₂ por exoplanetas, e em alguns casos inferir a temperatura e o raio. Então, será possível avaliar o potencial para a existência de vida. {[58]; 216}

- decifrando bioassinaturas.

O sucesso dos identificadores de exoplanetas; TPF-I, TPF-C, ou do interferômetro Darwin, que fará buscas em planetas semelhantes a Terra em aproximadamente 100

estrelas, será vital para a comprovação dos atuais modelos de sistemas planetários. Através da espectroscopia, o interferômetro Darwin irá verificar a existência de vapor de água e de dióxido de carbono, alem de marcadores biológicos como o gás ozônio, na atmosfera de exoplanetas. {[71]; 201,254}

Entretanto, considerando-se que a procura de vida em exoplanetas é uma atividade de observação à longo prazo, esse é o primeiro passo na busca de vida além do sistema solar usando-se critérios científicos confiáveis. A etapa seguinte será identificar a composição gasosa das atmosferas. No entanto, um passo ainda mais fundamental será o mapeamento no futuro das superfícies com a identificação de possíveis continentes e oceanos. {[71]; 255}

"De volta" à Terra



Figura 10.35 – Estação Espacial Internacional, ISS.

A Figura 10.35 foi obtida a partir do ônibus espacial Endeavor em 28 de Novembro de 2008 após o desacoplamento para retorno a Terra. (NASA)

A estação espacial internacional – ISS – funciona como laboratório de pesquisas sobre o efeito da microgravidade em seres vivos, vegetais e animais.



Figura 10.36 – Pesquisa sobre o efeito da microgravidade em plantas na ISS. Cultivo de alface da especie mizuna.

Vivendo no Espaço

A distancia media da Terra à Lua é 384.400 km. Enquanto a distancia media da Terra à Marte é cerca de 0,524 AU, ou seja, é 78,3 milhões de quilômetros. As missões tripuladas, pelas distancias envolvidas, são o maior desafio à exploração espacial. Os voos tripulados, alem de conhecimento especializado, exigem investimentos elevados, portanto, precisam de planejamento criterioso para alcançarem seus objetivos.

A Estação Espacial Internacional é fruto da cooperação entre varios paises tendo em vista a pesquisa cientifica sobre a vida terrestre diante das adversidades do espaço. Entretanto, ela é apenas um ensaio preliminar para explorações planetárias tripuladas mais arrojadas, como os futuros voos a Marte. A ISS tem funcionado com a presença humana – as tripulações são trocadas periodicamente – ininterrupta desde outubro de 2000. A espaçonave fica em orbita à 386 Km da Terra. Ela possui três laboratórios: Destiny, Columbus, Kibo, onde são realizados experimentos de fisica, botânica, quimica, biologia, etc.

Missão **MARS**500

A missão MARS500 foi um experimento financiado pelo Programa Europeu da Vida e Ciências Físicas – ELIPS – e pelo Instituto Russo de Problemas Biomédicos de Moscou - IBMP. O objetivo foi a capacitação de astronautas para missões futuras de longa duração.

No caso da ISS os experimentos põem à prova a capacidade dos seres humanos viverem por vários meses sob a ausência de gravidade. Assim, no interior da ISS os astronautas praticam exercícios diários de musculação para prevenir eventuais danos que a ausência de peso possa provocar em seus organismos.

No entanto, missões com duração muito mais longas significam desafios ainda mais rigorosos para a tripulação de espaçonaves. As questões mais críticas testadas no experimento MARS550 foram; Ausência de peso, radiações, isolamento e confinamento. O projeto é um ensaio preliminar das reações humanas em uma missão tripulada a Marte. Não houve simulação da ausência de peso, no entanto, devem ser obtidas conclusões sobre o impacto psicológico da relação entre os membros da tripulação devido a um período tão longo de confinamento.

- preparando para Marte.

O experimento MARS500 começou em 03 de Junho de 2010, e submeteu seis integrantes do programa ao confinamento em uma instalação de 550 m² – figuras, 10.37 e 10.38 – por um período de 520 dias, que é o tempo para uma viagem de ida e volta a Marte. O treinamento foi dividido em três etapas: 08 de Fevereiro de 2011, chegada à Marte; 10 de Março de 2011, saída de Marte; 05 de Novembro de 2011, chegada à Terra.



Figura 10.37 – Sala de ginástica – MARS500.



Figura 10.38 Dormitório

Ser de Outra Estrela

A natureza das espécies de um planeta depende em primeiro lugar, da quantidade e variedade da matéria disponível da nebulosa protoplanetária durante a formação do sistema. Outro fator importante é a posição (distancia) do planeta em relação a sua estrela. No entanto, após a constituição, os seguintes eventos, alguns de natureza aleatória, terão influencia direta na existência de vida e sua possível evolução; Os compostos orgânicos disponíveis para a fundação das espécies; Eventuais choques de asteroides; A formação e desmembramento de supercontinentes; A existência de luas; Glaciações, etc. Portanto, após a formação do planeta, a existência ou não de vida, sua morfologia, dependerá fundamentalmente

de especificidades próprias, que podem ser muito diferentes do que aconteceu na Terra.

relógio biológico.

O ciclo da vida na Terra está associado às estações do ano, que existem por que no inicio, o planeta sofreu o impacto de um asteroide – chamado Theia – que além de criar a Lua modificou a inclinação do eixo, o que resultou na obliquidade da Terra. O ciclo da vida depende também de dois fenômenos que se repetem regularmente há 4,56 bilhões de anos e influenciam o relógio biológico das espécies: I – A rotação da Terra que causa a duração dos dias. II – A translação da Terra em torno do Sol que determina a duração do ano. {[170]; K}

As espécies de um planeta compõem um macrossistema integrado a sua geografía, à hidrosfera e atmosfera, além das condições astronômicas. A natureza das espécies possui ciclos que se renovam e se adaptam em cada estagio da evolução. Em resumo; Os ciclos da vida de um planeta são funções, dos ecossistemas, da duração dos dias - seu movimento de rotação – e da duração dos anos - o tempo gasto para o planeta completar uma volta em torno de sua estrela.

Morfologia

Fenômenos como: deslocamento de continentes, glaciações, as estações do ano, a matéria quiral para a existência da vida, e o Ciclo de Milankovitch, levam à inevitável conclusão de que a morfologia das espécies depende de uma determinada cronologia de eventos que direcionam seu processo evolucionário. Portanto, é o caso de se indagar; Que mudança haveria na estrutura óssea de seres de um planeta com massa distinta da Terra? Ou seja, qual o efeito da gravidade sobre a morfologia dos seres do exoplaneta? E se o planeta fosse mais distante em relação à sua estrela, qual o efeito sobre a natureza? E se o ano tivesse menor duração do que na Terra?

O conhecimento hoje disponível permite concluir que há um bilhão de anos a vida na Terra precisaria de um microscópio para ser observada. Logo, a emergência da vida em uma escala visível ao olho humano nos continentes, surgiu apenas há 540 milhões de anos no Paleozoico. O fato é que a aparência da natureza que hoje vemos na Terra, assim como a morfologia de seus habitantes foi determinada em grande parte por ocorrências aleatórias, que a localização da Terra no sistema solar possibilitou em 4,56 bilhões de anos de existência.

Tabela Periódica.

Sabe-se que a existência de compostos orgânicos na Via Láctea não é uma exclusividade da nebulosa solar. Portanto, considerando-se que o Sol é apenas uma entre dezenas de bilhões de estrelas da Via Láctea. é muito provável que exista vida em outras estrelas. Como consequência, a probabilidade de existirem espécies morfologicamente diferentes da vida da Terra – nos denominados exoplanetas – é muito alta para ser desprezada.

Considerando-se ainda que os compostos orgânicos e metais das nebulosas protoplanetárias têm distribuição aleatória, então; Que tipo de civilização existiria em um planeta cujos elementos da Tabela Periódica fossem tanto em proporção quanto em variedade diferentes da Terra? Por outro lado, é um fato indiscutível a necessidade da matéria quiral para a vida que se conhece na Terra. Portanto, poderia haver vida em planetas onde não houve a predominância de aminoácidos do tipo L, logo, diferente do que ocorreu na Terra? E se a resposta for afirmativa, que tipo de vida seria?

Sondas Voyager 1 e Voyager 2

A sonda Voyager 2 foi lançada em 20 de Agosto de 1977. A sonda Voyager 1 foi lançada em 5 de Setembro do mesmo ano. O objetivo inicial foi explorar as luas e os campos magnéticos de Júpiter e Saturno. Contudo, após o êxito inicial, a sonda Voyager 2 passou a explorar Urano e finalmente, Netuno. Enquanto isso, após a investigação de Saturno, a sonda Voyager 1 foi catapultada em direção a fronteira do sistema solar. Isso seria feito também mais tarde com a Voyager 2 após investigar Urano e Netuno.

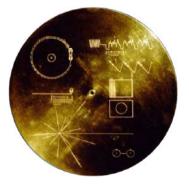
As datas escolhidas para os lançamentos tiveram como objetivo aproveitar o raro alinhamento temporário dos planetas denominados gigantes de gelo; Júpiter, Saturno, Urano e Netuno. Esse fenômeno não acontecerá novamente nos 175 anos seguintes após os lançamentos. Ao mesmo tempo, tendo em vista economizar o combustível propelente das sondas, o alinhamento dos planetas permitiu que após cada visita, ou seja, o sobrevoo para a coleta de dados do planeta, cada sonda fosse catapultada pela rotação do planeta visitado na direção do destino seguinte.

A distancia mais próxima da Voyager 1 em relação a Júpiter ocorreu em 5 de Março de 1979. A distancia mais próxima da Vo yager 2 em relação ao mesmo planeta aconteceu em 9 de Julho de 1979. Em relação a Saturno, a distancia mais próxima da Voyager 1 foi em 12 de Novembro de 1980. A distancia mais próxima da Voyager 2 foi em 25 de Agosto de 1981. Em relação a Urano, a distancia mais próxima da Voyager 2 ocorreu em 24 de Janeiro de 1986. E quanto a Netuno, a distancia menor da Voyager 2 em relação ao planeta ocorreu em 25 de Agosto de 1989.

Em 25 de Agosto de 1989, após a missão em Netuno, foi a vez da sonda Voyager 2 ser arremessada na heliosfera em direção a fronteira entre o sistema solar e o espaço interestelar. O mesmo que havia acontecido com a Voyager 1 em 12 de Novembro de 1980 após a investigação sobre o planeta Saturno. A partir de então, a missão das sondas passou a ser; Investigar o campo magnético, as partículas de baixa energia, os raios cósmicos, o plasma (somente a voyager 2) e ondas de plasma da heliosfera e do meio interestelar.

A Terra Manda Lembranças

Cada uma das espaçonaves Voyager carrega um disco, (Voyager Golden Record – Youtube.com), banhado a ouro para preservar sua integridade, com informações audiovisuais das civilizações da Terra; São exemplos de formas de vida, tipos de musica, raças, sons da natureza, a origem da vida. Saudações do secretario geral das Nações Unidas, do presidente dos Estados Unidos, vozes de crianças, etc. Os discos estão protegidos em uma caixa de alumínio contendo o dispositivo de acionamento do som – agulha – e instruções em linguagem simbólica sobre seu funcionamento.



Disco banhado à ouro transportado pela Voyager; Mensagem da Terra.

Figura 10.39

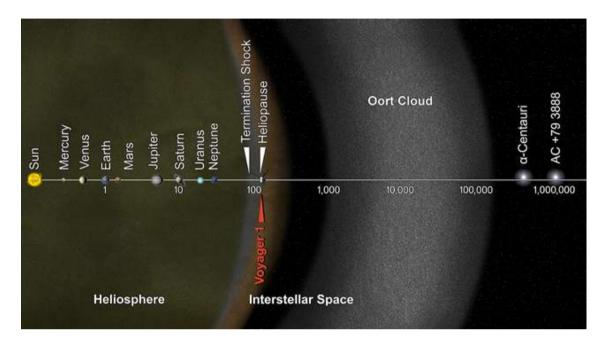


Figura 10.40 – Posição relativa da Voyager 1 após penetrar a heliopausa. Em 12 de Setembro de 2013 a sonda alcançou o espaço interestelar. NASA/JPL-Caltech.

- ainda, Aristóteles e Platão.

O conteúdo do Voyager Golden Record foi selecionado por um comitê coordenado por Carl Sagan, da Universidade de Cornell, EUA. O objetivo é informar sobre a Terra, para que ela seja devidamente decifrada por vida inteligente de outra estrela. Entretanto, pelo menos três autores das peças musicais do disco chamam atenção pela originalidade dos estilos. Eles são: Johann Sebastian Bach (1685 - 1750), Wolfgang Amadeus Mozart (1756 – 1791), e Ludwig van Beethoven (1770 – 1827). O primeiro, um gênio da musica barroca, preservou os ideais da teologia cristã, o neoplatonismo. O segundo foi influenciado por J. C. Bach, filho de J. S. Bach. Contudo, seu estilo é oposto ao do pai. Enquanto isso, Beethoven é um ícone do Iluminismo na musica clássica. Ouvir as referências; [183],[184],[185]

Situação atual da Voyager 1

A densidade do plasma interestelar é dezenas de vezes a do plasma da heliosfera. Em Agosto de 2012 a Voyager 1 detectou esse tipo de plasma pela primeira vez, na região chamada heliopausa. Ver a Figura 10.40. Ao se afastar cada vez mais da heliosfera, em 12 de Setembro de 2013 a sonda alcançou o espaço interestelar e agora está escapando do sistema solar a uma velocidade de 3,6 AU/ano. Em Setembro de 2013 ela encontrava-se a 18,7 bilhões de quilômetros (125,3 AU) distante do Sol. No futuro, em torno de 40.000 anos, a sonda Voyager 1 estará mais próxima da estrela AC+793888 do que, do Sol. A partir de então, sem energia, a sonda será apenas um mensageiro da Terra no espaço interestelar, mas, sem condições de enviar dados do voo ao planetamãe.

Referências Bibliográficas

- [39] Kerrod, B. The Stargazers's Guide to the Universe 1. ed. Barron's Educational Se-
- Inc. 250 Wireless Boulevard, Hauppauge, New York 11788, USA, 2005.
- [45] Mason, J.W. Editor. Astrophysics Update 2 1. ed. Praxis Publishing Ltd. Chichester, UK, 2006.
- [47] Schneider, P. Extragalactic Astronomy and Cosmology 1.ed. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York; 2006.
- [56] Gargaud, M; Barbier, B; Martin, H; Reisse, J; Editors Lectures in Astrobiology 1.ed.Vol.1, Part 1, Springer-Verlag Berlim Heidelberg, Germany, 2006.
- [57] Gargaud, M; Barbier, B; Martin, H; Reisse, J; Editors. Lectures in Astrobiology 1.ed. Vol.1, Part 2, Springer-Verlag Berlim Heidelberg, Germany, 2006.
- [58] Gargaud, M; Barbier, B; Martin, H; Reisse, J; Editors Lectures in Astrobiology 1.ed. Vol.2, Springer-Verlag Berlim Heidelberg, Germany, 2007.
- [59] McFadden, Lucy-Ann; Weissman, P.R; Johnson, T.V; Editors, Encyclopedia Of The Solar System 2.ed. Academic Press, 525 B Street, Suite 1900, San Diego, CA 92101-4495, USA, 2007.
- [60] Meierhenrich, U. Amino Acids and the Asymmetry of Life 1.ed. Springer-Verlag, Berlim Heidelberg, Germany, 2008.
- [71] Klahr, H; Brandner, W; Editors **Planet** Formation: Theory, Observations, and Experiments 1.ed. Cambridge University Press, The Edinburgh Building, Cambridge CB2 2RU, UK, 2006.
- [73] Pudritz, R; Higgs, P; Stone, J; Editors Planetary Systems and The Origins of Life 1.ed. Cambridge University Press, The Edinburgh Building, Cambridge CB2 8RU, UK, 2007.
- [74] Ruse, M.; Travis, J.; Editors. Evolution. The First Four Billion Years 1.ed. The Belknap Press of Harvard University Press, USA, 2009.

- [81] Meyer-Vernet, N. Basics of the Solar Wind 1.ed. Cambridge University Press. The Edinburgh Building, Cambridge CB2 2RU, UK, 2007.
- [82] Bertotti, B; Farinella, P; Vokrouhlicky, D; Physics of the Solar System 1. ed. Kluwer Academic Publishers, P.O. Box 17, 3300 AA Dordrecht, The Netherlands, 2003.
- [170] Fahrenkrug, J; Hannibal, J. Neuronal Input Pathways to the Brain's Biological Clock and their Functional Significance.
- 1.ed. Kindle edition. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany, 2006.

Referências Musicais (Voyager

Golden Record – Youtube.com) [183] – Bach, J.S. Gavotte em Rondeaux.

Partita No.3 in E major for Violin, performed by Arthur Grumiaux. 2:55.

- [184] Mozart, W. A. The Magic Flute, Queen of the Night, Ária No.14. Edda Moser, soprano. Bavarian State Opera, Munich, Wolfgang Sawallisch, conductor. 2:55.
- [185] Beethoven, L. Fifth Symphony, First Movement, the Philharmonia Orchestra, Otto Klemperer, conductor. 7:20.