

Aula 14: Vida fora da Terra

Maria de Fátima Oliveira Saraiva, Kepler de Souza Oliveira Filho & Alexei Machado Müller

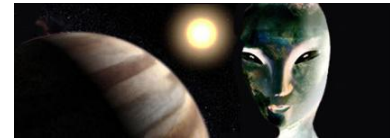


Figura: concepção artística de um hipotético alienígena. Fonte: Astrobiology Magazine (<http://www.astrobio.net/debate/236/complex-life-elsewhere-in-the-universe>).

Introdução

Prezado aluno, nesta aula vamos estudar a procura de vida fora da Terra e as condições necessárias para a existência de vida em um planeta. Para isso temos que discutir também sobre qual é a origem da vida e o que diferencia seres vivos de simples matéria orgânica. A existência de vida resulta de uma sequência natural de evolução química e biológica de matéria pré-existente, regidas pelas leis físicas. O fundamental é que seres vivos são organismos que se reproduzem, sofrem mutações e reproduzem essas mutações, passando por uma seleção cumulativa. Para a vida *inteligente* se faz necessária mais de centena de bilhões de células, diferenciadas em um organismo extremamente complexo e, por isso, necessita de um longo tempo de processo de seleção natural cumulativa.

Bom estudo!



Objetivos

Nesta aula trataremos da possibilidade de existência de vida fora da Terra e esperamos que ao final você possa:

- identificar as características biológicas dos seres vivos e os elementos químicos essenciais para a vida como a conhecemos;
- definir e caracterizar extremófilos;
- listar as condições necessárias para que um planeta seja habitável;
- identificar os tipos de estrelas adequadas para terem planetas habitáveis;
- identificar possíveis locais que poderiam abrigar (ou ter abrigado) vida, dentro e fora do sistema solar;
- usar a equação de Drake para estimar o número de civilizações existentes na Via Láctea com quem se poderia estabelecer contato;
- reconhecer a dificuldade de realizar viagens a outras estrelas e seus possíveis planetas.

Estaremos sós no Universo?

Temos aí uma questão muito instigante. A origem da vida e a existência de vida extraterrestre vêm sendo focalizadas nos noticiários com grande intensidade desde os anos 1950, mas de forma crescente nos últimos anos, com a possível detecção de vida microscópica em Marte, e da existência de água em forma de oceanos, sob uma manta congelada, na lua Europa de Júpiter e em Marte. Entre a existência de vida, simplesmente, e a existência de vida inteligente, tem uma enorme diferença: a vida na Terra existe há 3,5 bilhões de anos, mas apenas nos últimos 120.000 anos existe vida inteligente. Mas, como disse Carl Sagan, em seu livro *Contato*, "o universo é um lugar imenso. Se estamos sós, é um grande desperdício de espaço".

O que diferencia seres vivos de simples matéria orgânica?

No contexto de evolução cósmica, a vida resulta de uma sequência natural de evolução química e biológica da matéria pré-existente, regida pelas leis físicas. A regra fundamental é que os seres vivos são organismos (conjuntos de células), que têm metabolismo (realizam processos de transformações químicas à custa de energia), se reproduzem (fazem cópias do organismo mediante transferência genética), sofrem mutações (mudam suas características individuais), e evoluem (reproduzem a mutação, passando por seleção natural).

A vida na Terra tem uma enorme variedade de formas, mas todos os tipos de organismos vivos usam os



Vida na Terra:

Possivelmente se originou de reações químicas entre moléculas orgânicas complexas presentes na Terra.

mesmos tipos de átomos em sua estrutura: carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio. Esses elementos são os componentes básicos dos aminoácidos - moléculas orgânicas que formam longas cadeias -, constituindo moléculas maiores e mais complexas chamadas proteínas, responsáveis por determinar as características dos organismos vivos e realizar todas as suas funções.

Essas moléculas complexas se formam graças ao carbono, que tem a capacidade elétrica de se combinar em longas cadeias. Toda a vida na Terra é baseada no carbono.

A vida na Terra

A vida na Terra possivelmente se originou a partir de reações químicas entre moléculas orgânicas complexas presentes na jovem Terra. Essa hipótese foi testada pela primeira vez em um experimento famoso realizado na Universidade de Chicago por Stanley Miller e Harold Urey. No experimento eles mostraram que, em uma atmosfera sem oxigênio livre como seria a atmosfera primordial, a ação de descargas elétricas - como as proporcionadas por raios - é possível transformar 2% de carbono em aminoácidos, os ingredientes básicos da vida.

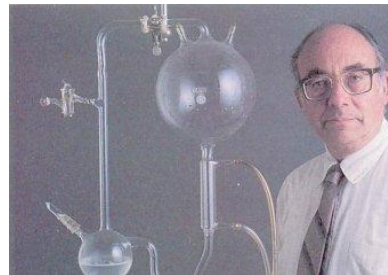


Figura 14.01: O experimento de [Miller \(na foto\) e Urey](#): o [frasco de baixo](#) contém o "oceano" de água, que ao ser aquecido força vapor de água a circular pelo aparato. O frasco de cima contém a "atmosfera", com metano (CH₄), amônia (NH₃), hidrogênio (H₂) e o vapor de água. Quando uma descarga elétrica (raio) passa pelos gases, eles interagem, gerando aminoácidos (glicina, alanina, ácidos aspártico e glutâmico, entre outros). 15% do carbono do metano original combinaram-se em compostos orgânicos.

A atmosfera Primordial

A Terra não se formou com a mesma composição do Sol, pois nela faltam os elementos primários leves e voláteis, incapazes de se condensar na região demasiadamente quente da nebulosa solar onde a Terra se formou. Depois, os elementos leves secundários foram perdidos pelo proto-planeta porque sua massa pequena e temperatura elevada não permitiram a [retenção da atmosfera](#). A atmosfera primitiva resultou do degasamento do interior quente e era alimentada através da intensa atividade vulcânica que perdurou por cerca de 100 milhões de anos após sua formação. Apesar da ejeção de H₂O, CO₂, HS₂, CH₄ e NH₃ na **atmosfera, esta não possuía oxigênio livre como hoje**, que poderia destruir moléculas orgânicas. A formação de moléculas complexas requeria energia de radiação com comprimentos de onda menores que 2.200Å, providos por relâmpagos e pelo próprio Sol, já que não havia ainda na Terra a [camada de ozônio](#) que bloqueia a radiação ultravioleta.



A busca de vida fora da Terra

Vários meteoritos encontrados na Terra apresentam aminoácidos de origem extraterrestre, indicando que os compostos orgânicos existem no espaço.

Embora nenhuma evidência concreta de vida tenha até agora sido encontrada fora da Terra, os elementos básicos para sua existência parecem existir em outros lugares. No meio interestelar, mais de 140 moléculas orgânicas já foram identificadas; compostos orgânicos também foram encontrados na atmosfera de Titan, satélite de Saturno.

A lua Europa, de Júpiter, reúne os elementos fundamentais para a vida: calor, água e material orgânico procedente de cometas e meteoritos.

Outros indicadores de vida são a detecção de oxigênio e de dióxido de carbono. Oxigênio é um elemento que rapidamente se combina com outros elementos, de modo que é difícil acumular oxigênio na atmosfera de um planeta, sem um mecanismo de constante geração. Um mecanismo de geração de oxigênio é através de plantas, que consomem água, nitrogênio e dióxido de carbono como nutrientes, e eliminam oxigênio. O dióxido de carbono (CO₂) é um produto da vida animal na Terra.

Um grande impulso à astrobiologia foi proporcionado pela descoberta, em 1965, de formas de vida primitiva que sobrevivem em ambientes extremos, os chamados **extremófilos**.



Figura 14.02: Bactéria extremófila *Polaromonas vacuolata*.

Esses seres, em geral, são unicelulares, mas alguns são pluricelulares. Existem diferentes tipos de extremófilos, dependendo do tipo de condição extrema que suportam: temperatura, pressão, acidez, salinidade, gravidade, radiação, etc.

Por exemplo, aqui na Terra, já foram encontrados diferentes microorganismos, que vivem em condições extremas. Por exemplo:

- a bactéria *Polaromonas vacuolata*, que vive quilômetros abaixo da superfície, nos polos, sob temperaturas dezenas de graus Celsius abaixo de zero; bactérias em uma mina de ouro da África do Sul a 3,5 km de profundidade; microorganismos que vivem dentro de rochas, de granito, que se acreditava completamente estéreis pela completa falta de nutrientes; micróbios super-resistentes, como o *Methanopyrus kandleri*, que vivem no interior de vulcões submarinos, em temperaturas de até 113 °C.

Astrobiologia:

Ciência que estuda a vida no universo, também chamada exobiologia.

Extremófilos:

Formas de vida primitiva que sobrevive em ambientes extremos.



Gray:

(Gy) unidade no Sistema Internacional . Indica a quantidade de energia de radiação ionizante absorvida (ou dose) por unidade de massa, onde:

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J kg}^{-1}$$

a unidade é em homenagem à Louis Harold Gray (1905–1965), radiologista britânico.

Zona de habitabilidade:

Região que apresenta as condições mínimas para desenvolver vida assim como a conhecemos:

- temperatura adequada para existência de água líquida;
- fontes de energia para manutenção do metabolismo;
- zona estável com durabilidade para desenvolvimento da vida.

Essas bactérias se alimentam de gases, como o metano, e outros elementos químicos, como ferro, enxofre e manganês. O micróbio *Pyrolobus fumarii* era a forma de vida mais resistente às altas temperaturas até 2003. Os cientistas haviam registrado exemplares desses organismos vivendo sob temperatura de 113°C. Derek Lovley e Kazem Kashefi, ambos da Universidade de Massachusetts, Estados Unidos, identificaram uma arqueobactéria (a forma mais primitiva de vida que se conhece) que se reproduziu em um forno a até 121 °C. Ele foi encontrado em um vulcão submarino no Havaí. Segundo Lovley, esses microrganismos usam ferro para produzir energia. Note que os fornos esterilizadores em geral trabalham a (no máximo) 121 °C.

Outras bactérias que vivem em condições extremas são as *Sulfolobus acidocaldarius*, acidófilos, que vivem em fontes de ácido sulfúrico. *Deinococcus radiodurans* é um extremófilo radorresistente, que consegue sobreviver a doses de radiação de 5000 grays. Uma dose de 1 gray equivale à absorção de 1 joule por quilograma. 10 grays são suficientes para matar um ser humano.

Habitabilidade

A busca de vida fora da Terra está vinculada ao conceito de habitabilidade, que define as condições mínimas que um planeta deve ter para poder desenvolver vida como a conhecemos.

Essas condições são:

- que tenha temperatura entre 0 °C e 100 °C, de forma a possibilitar a existência de água líquida. A água líquida é necessária para permitir o movimento das partículas e a eventual formação de moléculas orgânicas complexas;
- que tenha fontes de energia (luz estelar, calor interno ou energia química) para manter o metabolismo;
- que seja estável e tenha durabilidade de bilhões de anos, para dar tempo de a vida se desenvolver.

Os planetas que têm essas condições, em geral, são planetas telúricos que estejam na zona de habitabilidade de sua estrela, ou seja, a uma distância tal da estrela que a temperatura seja adequada para a existência da água líquida. No sistema solar, apenas a Terra está na zona de habitabilidade do Sol. Vênus já fica muito quente, e Marte já fica muito frio.

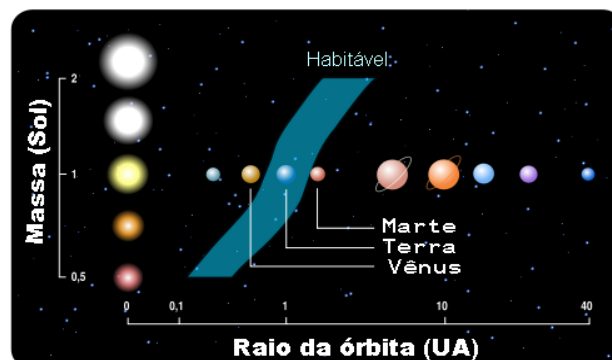


Figura 14.03: Zona de habitabilidade (faixa em azul) de estrelas de diferentes massas. No sistema solar, apenas a Terra está na faixa de habitabilidade.



Vida no Sistema Solar

Apesar de Marte atualmente ser muito frio, é possível que tenha tido água líquida no passado. Essa ideia é sustentada pela observação do relevo marciano, mostrando estruturas que parecem leitos secos de rios, e pela observação recente de água congelada na sua superfície. Atualmente não se descarta a possibilidade de que Marte ainda tenha água líquida abaixo de sua superfície e mesmo que tenha vida microscópica. O [meteorio ALH84001](#), proveniente de Marte, mostra depósitos minerais que ainda estão sob disputa científica se são restos de [nanobactérias](#), compostos orgânicos simples, ou contaminação ocorrida na própria Terra.

Os outros possíveis nichos de vida microscópica no sistema solar são Europa e Titã, satélites de Júpiter e de Saturno, respectivamente.

Europa tem a superfície coberta de gelo (60 km de espessura) com profundas fendas, possivelmente formadas por água líquida abaixo de sua superfície. Embora esteja em uma região muito fria do sistema solar, as forças de maré produzidas por Júpiter geram o calor necessário para possibilitar a existência de organismos do tipo extremófilos vivendo nas profundidades do planeta, a exemplo dos [hipertermófilos](#) que vivem nos abismos oceânicos da Terra.

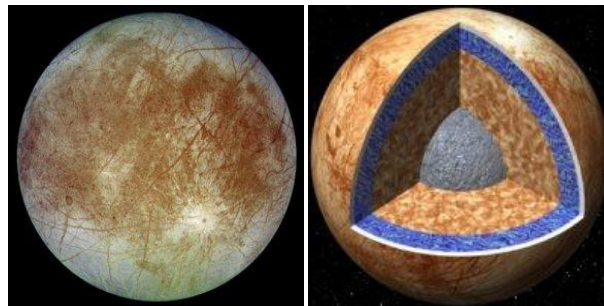


Figura 14.04: A superfície congelada e trincada de Europa (à esquerda) e a representação de um possível oceano líquido abaixo da superfície (à direita).

Titã não tem água congelada, mas a sonda Cassini, em 2008, confirmou a existência de um grande lago de etano, que poderia servir como elemento líquido para desenvolvimento de vida.

Busca de vida fora do sistema solar: que estrelas podem ter planetas habitáveis?

Desde 1992 até setembro de 2011 [683 planetas extrassolares já foram descobertos](#), em várias estrelas na nossa Galáxia, sendo a grande maioria planetas gigantes gasosos. O grande interesse dos cientistas é encontrar um planeta que seja do tipo da Terra.

Ao procurar outros planetas parecidos com a Terra orbitando outras estrelas os cientistas selecionam as estrelas que sejam parecidas com o Sol em aspectos que passamos a discutir.

A estrela não pode ser nem muito jovem nem muito velha.

As estrelas têm que ser velhas o suficiente para terem tido tempo de desenvolver uma zona de habitabilidade estável, estável, mas têm que ser jovens o suficiente para ainda terem um tempo de vida estável pela frente.



Condições para estrelas terem planetas habitáveis:

- a estrela não pode ser nem muito jovem nem muito velha;
- a estrela não pode ser nem muito massiva nem muito pouco massiva;
- a estrela deve permitir que seus planetas tenham órbitas estáveis;
- a estrela deve ter metalicidade alta.

A estrela não pode ser nem muito massiva nem pouco massiva ($0,3 M_{\text{Sol}} \leq M \leq 1,5 M_{\text{Sol}}$).

Estrelas muito massivas desempenham papel crucial no desenvolvimento da vida, pois geram os elementos necessários para isso, mas duram muito pouco e emitem muita radiação ultravioleta. Estrelas muito pouco massivas duram muito tempo, mas têm suas zonas de habitabilidade muito estreitas, e muito perto da estrela.

A proximidade da estrela levaria a forças de maré muito intensas, que levariam o planeta a sincronizar seu período de rotação com o de translação, deixando sempre o mesmo lado do planeta voltado para estrela, de forma que um hemisfério ficaria muito quente, o outro muito frio. Além disso, as estrelas pouco massivas têm intensa atividade cromosférica com grandes elevações de temperatura e emissão de partículas energéticas nocivas à vida.

A estrela deve permitir que seus planetas tenham órbitas estáveis.

A estabilidade das órbitas é mais provável de ocorrer em estrelas solitárias, como o Sol. Estrelas duplas podem ter órbitas estáveis apenas caso estejam muito próximas uma da outra, de forma a ter uma zona de habitabilidade comum, ou muito distante uma da outra, de forma que cada uma tenha sua própria zona de habitabilidade não afetada pela outra. Sistemas com mais de uma companheira são improváveis.

A estrela deve ter metalicidade alta.

A estrela deve ter uma quantidade suficiente de metais para permitir a formação de planetas rochosos.

As restrições a respeito dos tipos de estrelas que são adequadas a terem planetas habitáveis acabam por restringir a própria região da Galáxia onde essas estrelas podem ser encontradas, definindo uma zona de habitabilidade na Galáxia: um anel circular em torno do centro da Galáxia, com espessura de 2 kpc e com raio médio igual à distância do Sol ao centro da Galáxia, ou seja, 8 kpc.

Nessa região as órbitas das estrelas são quase circulares, e estão separadas por alguns anos-luz, de maneira que encontros entre elas são eventos extremamente raros. Nas regiões mais internas a distância entre as estrelas é menor. Nas regiões mais distantes do centro, os encontros entre as estrelas são ainda mais raros, mas a metalicidade já é muito baixa para permitir a formação de planetas rochosos.

Vida inteligente na Galáxia

Segundo a paleontologia, **fósseis microscópicos de bactéria e algas datando de 3,8 bilhões de anos** são as evidências de vida mais remotas na Terra. Portanto cerca de 1 bilhão de anos após a formação da Terra, a evolução molecular já havido dado origem à vida. Desde então as formas de vida sofreram muitas mutações e a evolução darwiniana selecionou as formas de vida mais adaptadas às condições climáticas da Terra, que mudaram com o tempo. A evolução do *Homo Sapiens*, entretanto, por sua alta complexidade, levou 3,8 bilhões de anos, pois sua existência data de 300.000 anos atrás. **O *Homo Sapiens* só tem 125.000 anos**, e a civilização somente 10.000 anos, com o fim da última idade do gelo. Portanto, na Terra foram



Vida Inteligente:

1 bilhão de anos foi o tempo para ter origem a forma de vida mais elementar.

Para a evolução até o *Homo Sapiens*, devido à sua complexidade, foi necessário 3,8 bilhões de anos.

necessários somente 1 bilhão de anos para a vida microscópica iniciar, mas 4,5 bilhões de anos para a vida inteligente evoluir.

A inteligência, interesse sobre o que está acontecendo no Universo, é um desdobramento da vida na Terra, resultado da evolução e seleção natural. A possibilidade de vida inteligente em outros planetas do sistema solar está descartada atualmente, mas como existem 100 bilhões de estrelas na Via Láctea e 100 bilhões de galáxias no Universo, parece altamente improvável que sejamos a única civilização existente.

Os seres inteligentes produzem manifestações artificiais, como as ondas eletromagnéticas moduladas em amplitude (AM) ou frequência (FM) produzidas pelos terráqueos para transmitir informação (sinais com estrutura lógica). Acreditando que possíveis seres extraterrestres inteligentes se manifestam de maneira similar, desde 1960 se usa radiotelescópios para tentar captar sinais deles.



Figura 14.06: O radiotelescópio de Arecibo, o maior do mundo, com diâmetro de 305 m, é a principal fonte de dados do projeto SETI.

A busca por inteligência extraterrestre, que em inglês recebe a sigla SETI (*Search for Extra-Terrestrial Intelligence*) tem sido feita principalmente numa faixa do espectro eletromagnético, situada na região do rádio, em que o ruído cósmico (emissão provinda de estrelas, meio interestelar e outras galáxias) é relativamente baixo, de maneira que fica mais fácil identificar eventuais sinais provindos de civilizações em outros planetas.

O projeto Phoenix – o projeto mais completo realizado no âmbito do SETI – procurou detectar sinais inteligentes em cerca de 800 estrelas parecidas com o Sol num raio de 200 anos-luz de distância, usando os maiores rádio telescópios do mundo, durante 10 anos (1994 a 2004), mas chegou ao fim sem encontrar qualquer emissão equivalente aos transmissores de nossos radares militares na região entre 1200 e 3000 MHz.

Outros projetos SETI continuam sendo executados, alguns na faixa do óptico, embora a maioria dos experimentos continuem sendo feitos na faixa do rádio. O experimento mais popular é o [SETI@home](#), que utiliza computadores pessoais em todo mundo para analisar os dados coletados pelo radiotelescópio de Arecibo.



A equação de Drake



Figura 14.07: Frank Donald Drake e sua equação.

Equação de Drake:

Indica o que o que precisamos saber para descobrir vida inteligente no espaço.

A estimativa do número N de civilizações capazes de se comunicar existentes em nossa Galáxia pode ser discutida com o auxílio da equação de Drake, proposta em 1961 pelo astrônomo Frank Donald Drake, pioneiro do projeto SETI. A ideia básica da equação é que o número de civilizações existentes na nossa Galáxia (N) que são capazes de se comunicar é igual ao número de civilizações que podem ter surgido no tempo de vida da Galáxia (o que depende de vários fatores) \times fração desse tempo que dura uma civilização (t).

A Equação de Drake

$$N = (R_*) (f_p) (n_t) (f_v) (f_i) (f_c) (t),$$

onde:

N = número de civilizações em nossa Galáxia capazes de se comunicar,

R_* = taxa de formação de estrelas na Galáxia (entre 2 e 20),

f_p = fração provável de estrelas que têm planetas (menor que 0,4),

n_t = número de planetas ou luas com condições parecidas com as da Terra por estrela que tem planetas (0 - 100?),

f_v = fração provável de planetas que abrigam vida (0 - 1),

f_i = fração provável de planetas que desenvolveram vida inteligente (0 - 1),

f_c = fração de espécies inteligentes que podem e querem se comunicar (0 - 1),

t = tempo de vida de tal civilização (10 - 10⁹).

A única variável razoavelmente bem conhecida é R_* . Podemos fazer um cálculo otimista, supondo que a vida como a nossa pulula na Galáxia, assumindo

$$N = R_* f_p t,$$

isto é, que todas as demais frações são de 100 %, ou 1.

Usando:

$R_* = 3/\text{ano}$, $f_p = 0,4$, e t de *um século*, chega-se a $N = 120$.



Hipóteses extremas baseadas na equação de Drake:

-Hipótese otimista:

Há 1 bilhão de civilizações tecnológicas em nossa galáxia querendo se comunicar.

-Hipótese pessimista:

Criaturas como terráqueos são muito raras, apenas 1 caso (o nosso) em cada 100 bilhões de galáxias.

Um cálculo ainda mais otimista utilizaria um tempo de vida das civilizações tecnológicas muito maiores do que um século e pode levar a $N = 10^9$, ou seja, 1 bilhão de civilizações na nossa Galáxia podendo e querendo se comunicar.

Uma hipótese muito pessimista, por outro lado, pode levar a $N = 10^{-12}$, o que significa que existe apenas 1 civilização em 1 trilhão de galáxias, e que portanto estamos sozinhos.

Tabela 02.04.01: Conclusões a partir dos resultados da Equação de Drake.

	R^*	f_p	f_v	n_r	f_i	f_c	t	N
hipótese muito otimista	20	0,6	1	1	1	1	10^9	$\sim 10^9$
hipótese pessimista	2	0,1	0,1	10^{-3}	10^{-6}	10^{-3}	10^2	$\sim 10^{-12}$
valores de Drake	10	0,5	1	1	0,01	0,01	10000	100

Podemos estimar a distância média entre estas "civilizações", assumindo que estão distribuídas uniformemente pela nossa Galáxia. Como nossa galáxia tem aproximadamente 100 000 anos-luz de diâmetro por 1.000 anos-luz de espessura, o volume total da galáxia é da ordem de

$$V_G = \pi \cdot r^2 \cdot h,$$

onde:

r = raio da galáxia,

h = espessura da galáxia.

Logo,

$$V_G = \pi \cdot (50000 \text{ al})^2 \cdot 1000 \text{ al} = 2,5 \cdot \pi \cdot 10^{12} \text{ al}^3$$

e, a distância média entre estas "civilizações" (d_c):

$$d_c = \left(\frac{V_G}{4\pi} \right)^{\frac{1}{3}},$$

onde:

$$V_c = \frac{V_G}{N}$$

Se $N = 120$, obtemos $d_c = 1.700$ anos-luz, e o tempo para fazer contato é de 3.400 anos.

No cálculo mais otimista, o tempo para fazer contato seria de 5 anos.

Não há no momento nenhum critério seguro que permita decidir por uma posição otimista ou pessimista. Conclui-se que, para se estabelecer uma comunicação por rádio de ida e volta, mesmo na hipótese otimista, a duração da civilização tecnológica não poderá ser menor que 12.000 anos. Caso contrário, a civilização interlocutora terá desaparecido antes de receber a resposta. Naturalmente existem mais de 100 bilhões de outras galáxias além da nossa, mas para estas o problema de distância é muito maior.



OVNIs

Devido às grandes distâncias interestelares, e à limitação da velocidade, que deve ser menor do que a velocidade da luz pela relatividade de Einstein, não é possível viajar até outras estrelas e seus possíveis planetas. O ônibus espacial da NASA viaja a aproximadamente 28.000 km/h e, portanto, levaria 168.000 anos para chegar à estrela mais próxima, que está a 4,4 anos-luz da Terra. A espaçonave mais veloz que a espécie humana já construiu até agora (Voyager da NASA) levaria 80 000 anos para chegar à estrela mais próxima.

O Dr. Bernard M. Oliver, codiretor do projeto de procura de vida extraterrestre Cyclops da NASA, calculou que para uma espaçonave viajar até esta estrela mais próxima a 70% da velocidade da luz, mesmo com um motor perfeito, que converta 100% do combustível em energia (nenhuma tecnologia futura pode ser melhor que isto), seriam necessários $2,6 \times 10^{16}$ joules, equivalente a toda a energia elétrica produzida em todo o mundo, a partir de todas as fontes, inclusive nuclear, durante 100 mil anos, e ainda assim, levaria 6 anos só para chegar lá. O importante sobre este cálculo é que ele não depende da tecnologia atual (eficiência de conversão de energia entre 10 e 40%), pois assume um motor perfeito, nem de quem está fazendo a viagem, mas somente das leis de conservação de energia. Esta é a principal razão pela qual os astrônomos são tão céticos sobre as notícias que os OVNIs (Objetos Voadores Não Identificados), ou UFOs (*Unidentified Flying Objects*) são espaçonaves de civilizações extraterrestres. Devido às distâncias enormes e gastos energéticos envolvidos, é muito improvável que as dezenas de OVNIs noticiados a cada ano pudessem ser visitantes de outras estrelas tão fascinados com a Terra a ponto de gastar quantidades fantásticas de tempo e energia para chegar aqui. A maioria dos OVNIs, quando estudados, resultam serem fenômenos naturais como balões, meteoros, planetas brilhantes, ou aviões militares. Dos que não são identificados, nenhum jamais deixou evidência física que pudesse ser estudada em laboratórios para demonstrar sua origem.



Resumo

Seres vivos: são organismos que têm metabolismo, se reproduzem, sofrem mutações e evoluem por seleção natural. Na Terra, todos os seres vivos são feitos basicamente de carbono, e sua formação inicial depende da existência de água líquida.

Extremófilos: seres que vivem em ambientes extremamente inóspitos. Sua descoberta mostrou que a vida não é tão frágil como se pensava e, portanto, não deve ser tão rara.

Zona habitável: Região em torno de uma estrela com temperatura adequada para ter água em forma líquida e fontes de energia para manter o metabolismo dos seres vivos. Deve ser estável e durar bilhões de anos para dar tempo para a vida se desenvolver.

Planetas habitáveis: Planetas telúricos na zona habitável de uma estrela: nem muito frio nem muito quente, permitindo a existência de água em estado líquido. No sistema solar, essa região fica externa à órbita de Vênus e interna à órbita de Marte, ou seja, só a Terra fica na zona de habitabilidade do Sol.

Luas habitáveis: Satélites de planetas gigantes localizado na zona de habitabilidade de sua estrela e satélites de planetas gigantes fora da zona de habitabilidade de sua estrela, mas que tenham outra fonte de calor. Luas aquecidas, por exemplo, por forças de maré. No sistema solar, os satélites mais prováveis de terem vida são Europa (lua de Júpiter) e Titã (lua de Saturno).

Condições para uma estrela ter planetas habitáveis: A estrela não pode ser muito jovem nem muito velha; a massa da estrela não pode ser nem muito grande nem muito pequena; a estrela deve ter metalicidade alta; a estrela deve permitir que seus planetas tenham órbitas estáveis (o que é mais fácil de ocorrer em estrelas solitárias).

Zona de habitabilidade na Galáxia: Anel do disco galáctico com raio com distância do centro entre 7 kpc e 9 kpc. O Sol encontra-se nessa região.

Procura de vida inteligente fora da Terra. A procura por civilizações em outros planetas é feita tentando detectar radiação de origem não cósmica provinda de outras estrelas. Existem 100 bilhões de estrelas na Via Láctea e parece altamente improvável que sejamos a única civilização da Galáxia, mas até hoje nenhum sinal foi detectado.

Equação de Drake: Estima o número de civilizações detectáveis na nossa galáxia a partir de um conjunto de hipóteses probabilísticas. Sua importância é identificar o que precisamos saber para descobrir vida inteligente no espaço.

OVNI's: Sigla para objetos voadores não identificados. Nenhum OVNI jamais deixou evidência física que pudesse ser estudada em laboratórios para demonstrar sua origem. As distâncias estelares são tão grandes que tornam praticamente impossível viajar a outras estrelas.



Questões de fixação:

1. O que caracteriza um ser vivo?

2. Atualmente os cientistas acreditam que a vida pode existir em condições muito mais adversas do que se pensava há algumas décadas. Que descobertas ocasionaram essa mudança de pensamento?

3.

a) O que é a zona de habitabilidade de uma estrela?

b) Que critérios ela deve obedecer?

4. Existe vida inteligente em outro planeta do Sistema Solar, além da Terra? Justifique a sua resposta.

5.

a) O que é a Equação de Drake?

b) Qual é a sua importância?

6. Por que a maioria dos cientistas não acredita em "discos voadores"?

7. É possível viajar até outras estrelas? Justifique a sua resposta.

