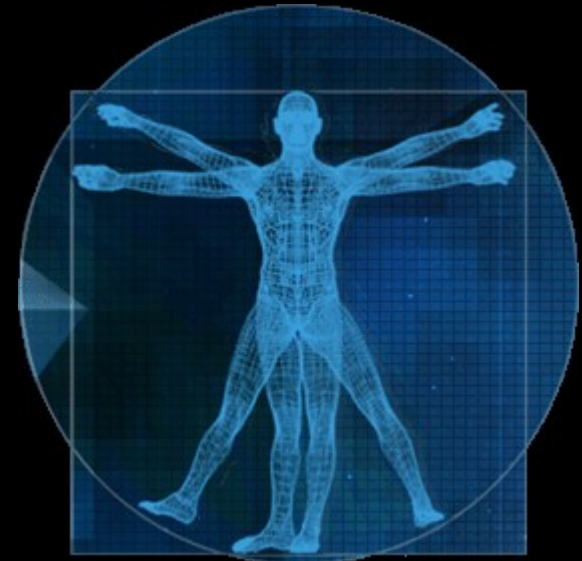
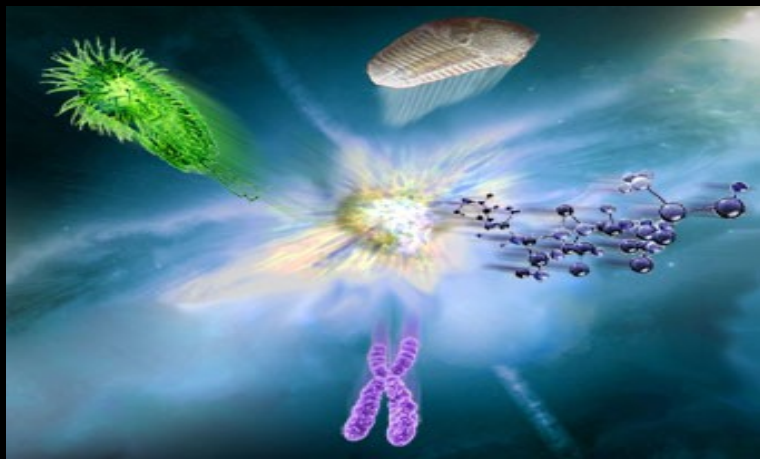


Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Astronomia

Vida Fora da Terra

Rogério Riffel



“Inúmeros sóis existem; inúmeras Terras giram ao redor destes sóis de maneira similar a que os sete planetas giram em torno do nosso Sol. Seres vivos habitam esses mundos.”

Giordano Bruno

Monge italiano do século XVI, morto na fogueira da inquisição.



“Inúmeros sóis existem; inúmeras Terras giram ao redor destes sóis de maneira similar a que os sete planetas giram em torno do nosso Sol. Seres vivos habitam esses mundos.”

Giordano Bruno

Monge italiano do século XVI, morto na fogueira da inquisição.



*Até hoje, dia 06/Jun/2011
não encontramos vida
fora da Terra!*

Mas a busca continua...



No mínimo 1 em cada 2 estrelas possuem planetas.

A Via-Láctea possui cerca de **100 Bilhões** de estrelas e de 1 a 10 planetas por estrela.

Logo, temos de **5 a 50 Trilhões** de planetas somente na Via-Láctea!

Sem contar as novas estrelas que se formam.

Suposição: a atmosfera ideal para a vida é como a da Terra.

Que tipo de vida esperamos encontrar?

Que tipo de vida é a mais comum na Terra?

Vida na Terra – Escalas de tempo

- ◆ Seres multicelulares surgiram a cerca de 1.5 Bilhões de anos (~30% da vida da Terra)
- ◆ Procariontes (estromatólitos)
- ◆ Animais como conhecemos hoje a apenas 500 Milhões de anos.
- ◆ Vida inteligente (homem) ~ 200 Mil anos (0.01 % do tempo de existência da Terra)

Mas então quem dominava (e ainda domina) a vida na Terra?!

— 80 - 100
 — 40 - 80
 - - - 0 - 40
 (bootstrap support)
 0.1 —
 (substitutions / site)

Nanoarchaeota
 Crenarchaeota
 Euryarchaeota
 Diplomonadida
 Kinetoplastida
 Chromalveolata
 Plantae
 Amoebozoa
 Fungi

Metazoa

Firmicutes

Planctomycetes
 Spirochaetes
 Actinobacteria
 Fibrobacteres
 Chlorobi
 Bacteroidetes

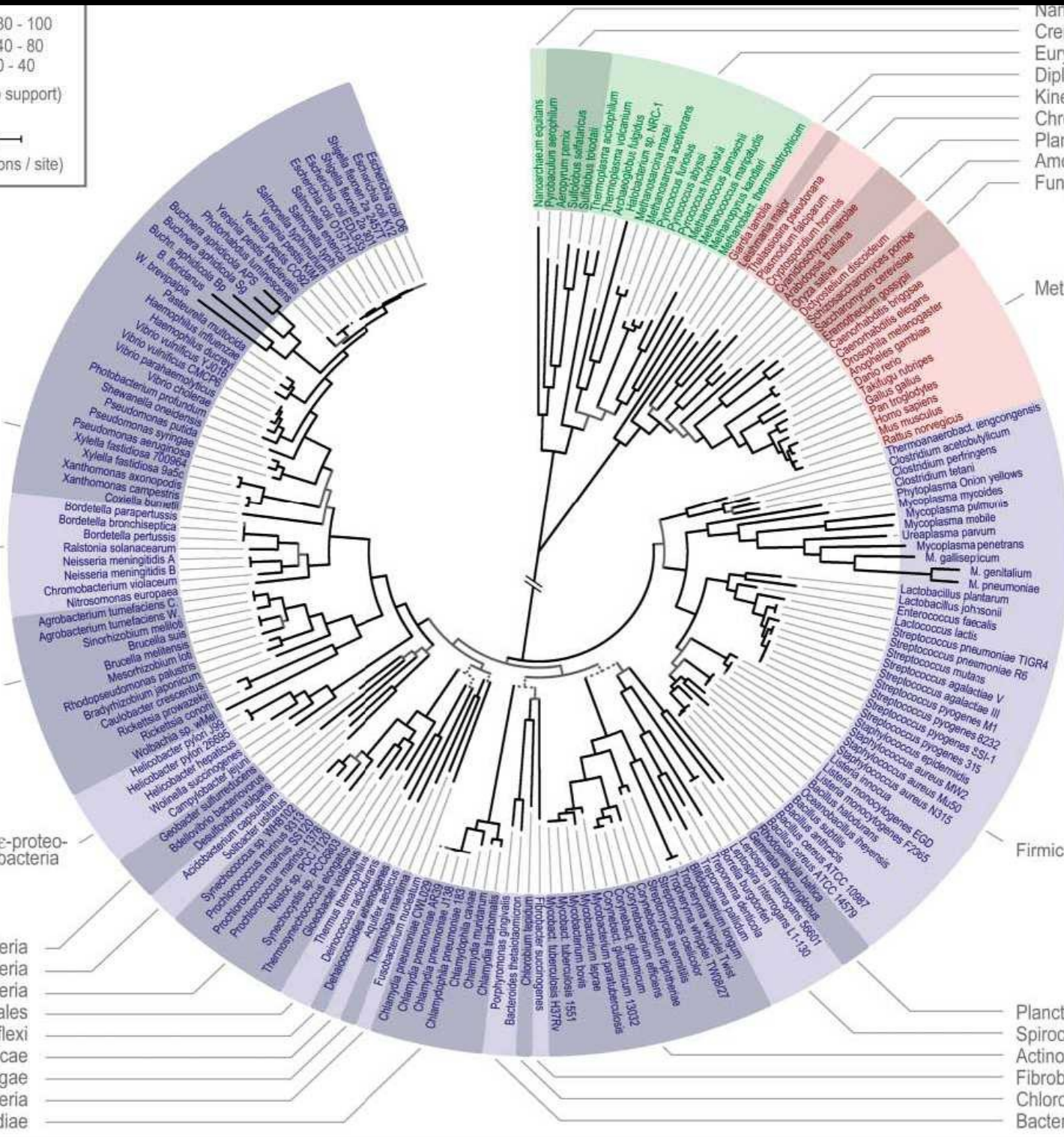
γ-proteo-
bacteria

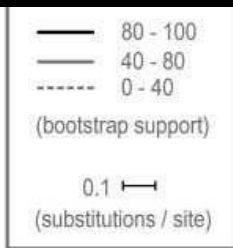
β-proteo-
bacteria

α-proteo-
bacteria

ε-proteo-
bacteria

δ-proteobacteria
 Acidobacteria
 Cyanobacteria
 Deinococcales
 Chloroflexi
 Aquificae
 Thermotogae
 Fusobacteria
 Chlamydiae





- Nanoarchaeota
- Crenarchaeota
- Euryarchaeota
- Diplomonadida
- Kinetoplastida
- Chromalveolata
- Plantae
- Amoebozoa
- Fungi

Metazoa

BACTÉRIAS

γ-proteo-
bacteria

β-proteo-
bacteria

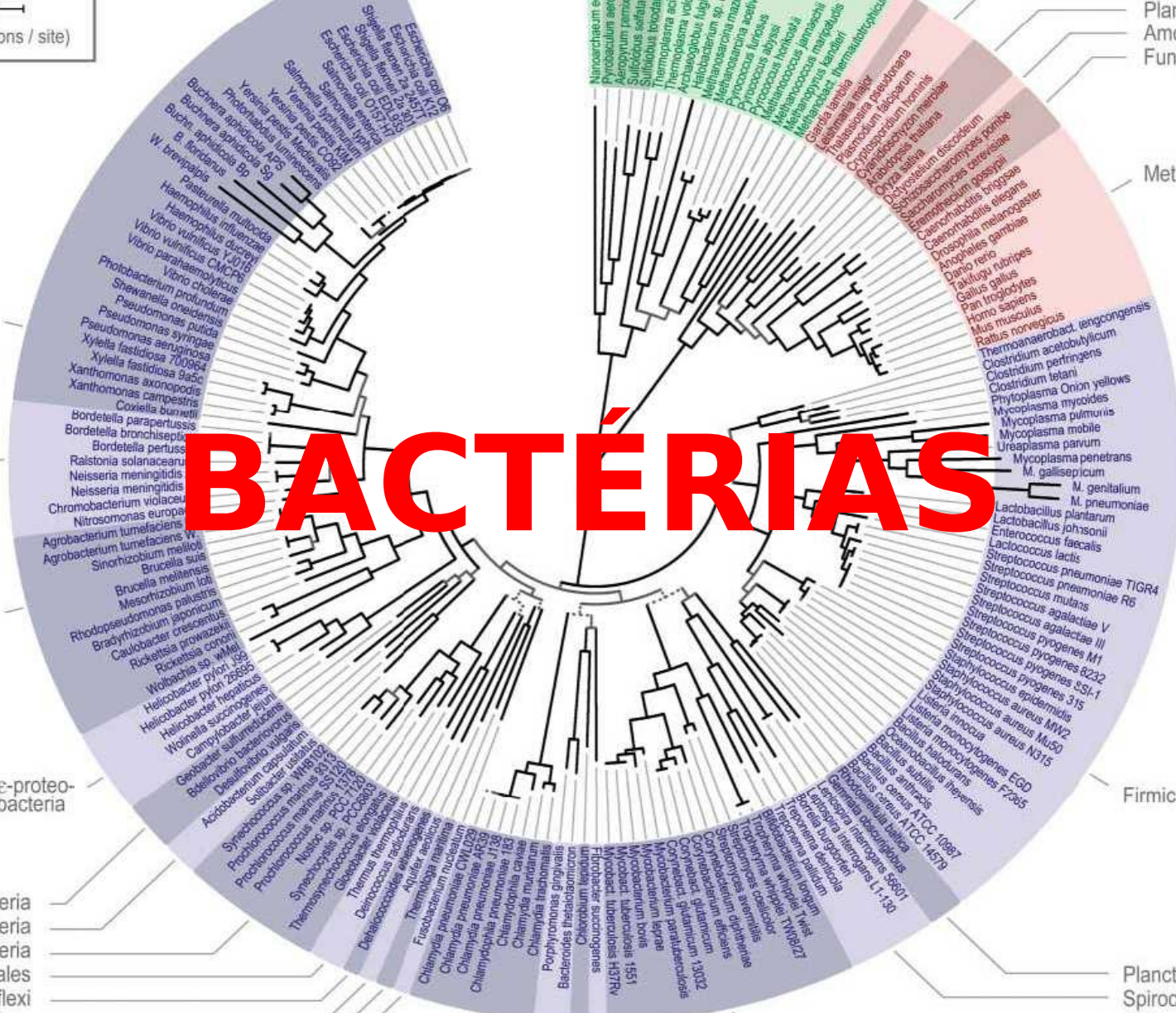
α-proteo-
bacteria

ε-proteo-
bacteria

- δ-proteobacteria
- Acidobacteria
- Cyanobacteria
- Deinococcales
- Chloroflexi
- Aquificae
- Thermotogae
- Fusobacteria
- Chlamydiae

Firmicutes

- Planctomycetes
- Spirochaetes
- Actinobacteria
- Fibrobacteres
- Chlorobi
- Bacteroidetes

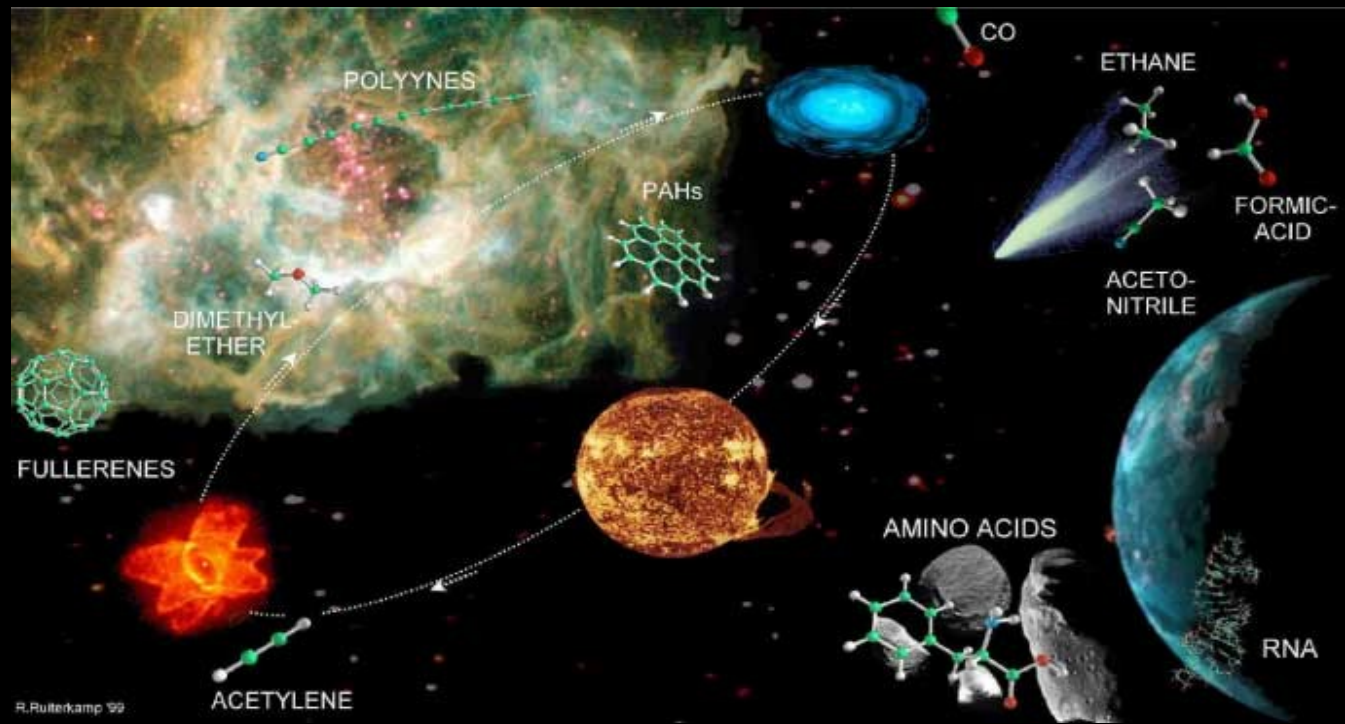


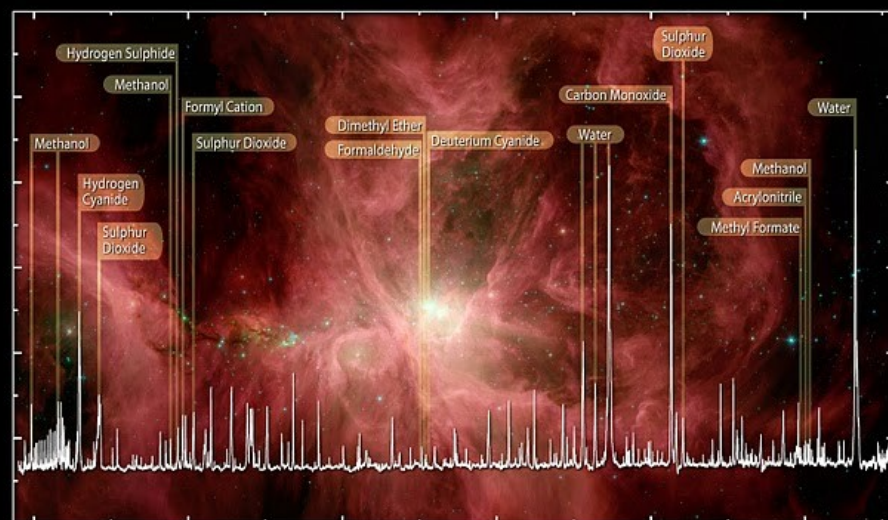
Como Surgiu a vida na Terra?

Tudo indica que basta haver condições por um período longo de tempo e a vida irá surgir.

Moléculas orgânicas são muito frágeis para se formar na superfície dos planetas rochosos primitivos. De onde vieram?

- **Se formaram com matéria orgânica depositada por cometas**
 - Em poças rasas e quentes as condições químicas eram próprias para formação do DNA.





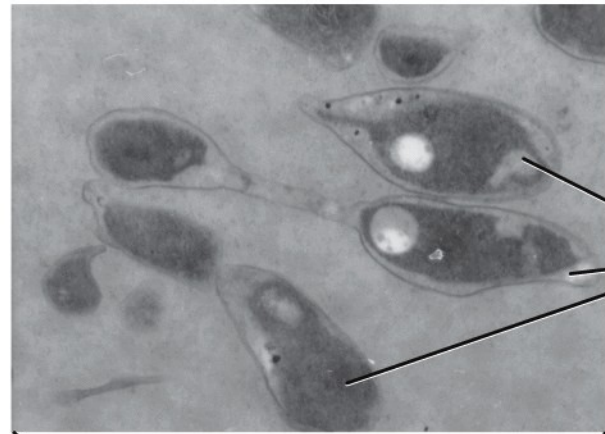
HIFI Spectrum of Water and Organics in the Orion Nebula

© ESA, HEXOS and the HIFI consortium
E. Bergin

Análise de alguns meteoritos carbonáceos revelou a presença de [aminoácidos](#), como por exemplo, o meteorito Murchison onde foram detectados [74 diferentes aminoácidos](#) e [dezenas](#) de outros compostos orgânicos, revelando que há mais diversidade orgânica de aminoácidos em meteoritos do que na própria vida na Terra.

Outro dado interessante é a detecção de HCN (ácido cianídrico) e de H₂O (água) na nebulosa de Órion (berçário de estrelas); em algumas nuvens interestelares foram identificadas moléculas mais complexas como C₂H₅OH (álcool etílico).

Radicais e moléculas orgânicas e água são detectadas nos cometas, que seriam os "fecundadores" espaciais.



**Living organisms called
hyperthermophiles (NASA)**

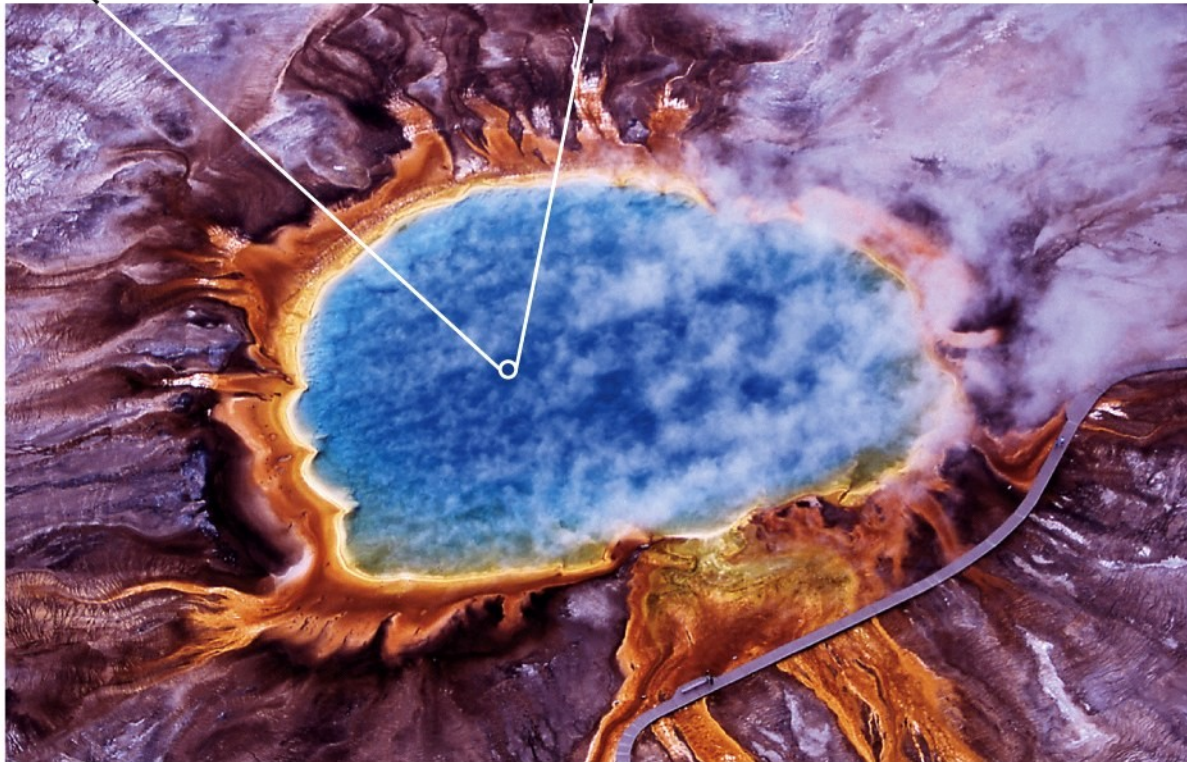


Figure 19-7a
Discovering the Universe, Eighth Edition
© 2008 W. H. Freeman and Company

Como Surgiu a vida na Terra?

Tudo indica que basta haver condições por um período longo de tempo e a vida irá surgir.

Moléculas orgânicas são muito frágeis para se formar na superfície dos planetas rochosos primitivos. De onde vieram?

- **Se formaram com matéria orgânica depositada por cometas**
 - Em poças rasas e quentes as condições químicas eram próprias para formação do DNA.
- **Aminoácidos complexos se formam dentro dos cometas.**
 - Reações geoquímicas mantiveram os cometas quentes no seu interior, podendo assim abrigar bolsas de água onde até mesmo a vida poderia se formar.

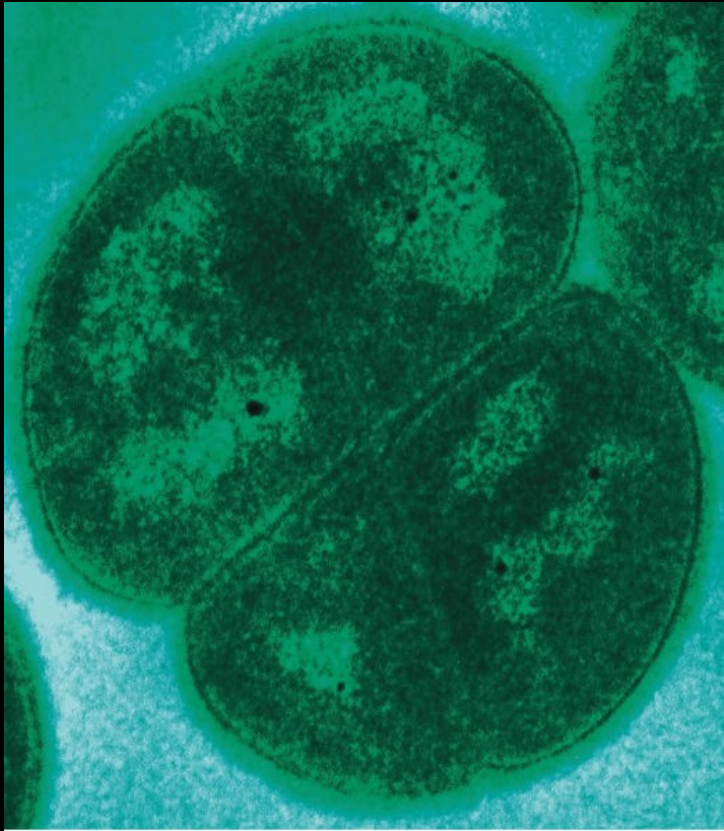
Cientistas ainda não criaram vida em Laboratório. Os Biólogos ainda não sabem como moléculas orgânicas simples se juntam para formar sistemas para autorreplicação.

Exemplos de vida na Terra em Condições extremas.



Exemplos de vida na Terra em Condições extremas.

Para sobreviver nas condições da Terra primordial estes seres deveriam ser bastante especiais. Alguns deles ainda existem.



Deinococcus radiodurans:
resiste a 1000 vezes a dose de
radiação que o homem suporta



Tardigrado (Urso da água < 1.2mm):
animal multicelular simples que
sobrevive em temperaturas entre **-270**
até + 155 graus Celsius.

Exemplos de vida na Terra em Condições
MUITO extremas.



Procura de vida fora da Terra

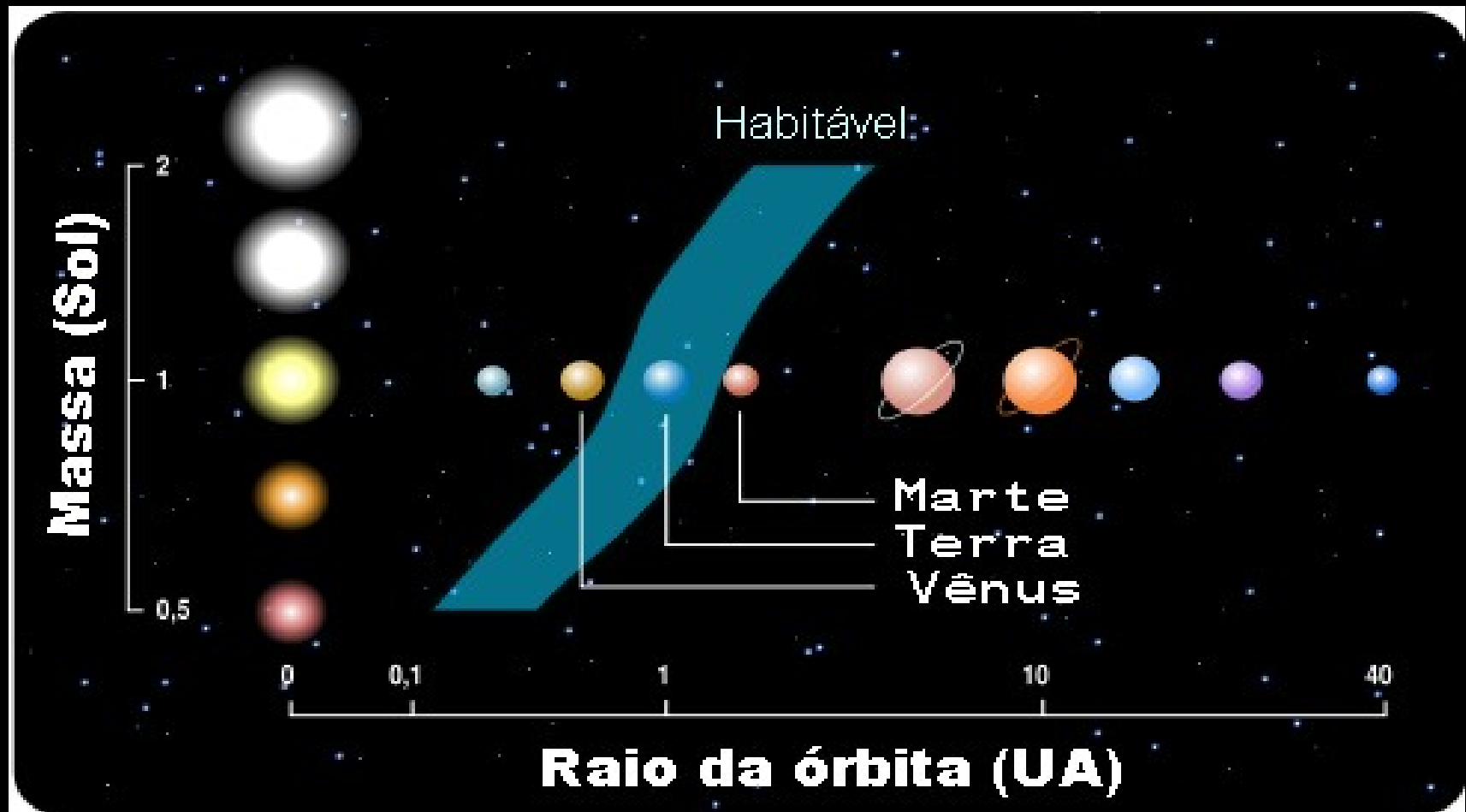
O que possibilita que um planeta e sua estrela central abriguem a vida?

- Água líquida;
- Fonte de energia (estelar!);

Procura de vida fora da Terra

O que possibilita que um planeta e sua estrela central abriguem a vida?

- Água líquida;
- Fonte de energia (estelar);



Procura de vida fora da Terra

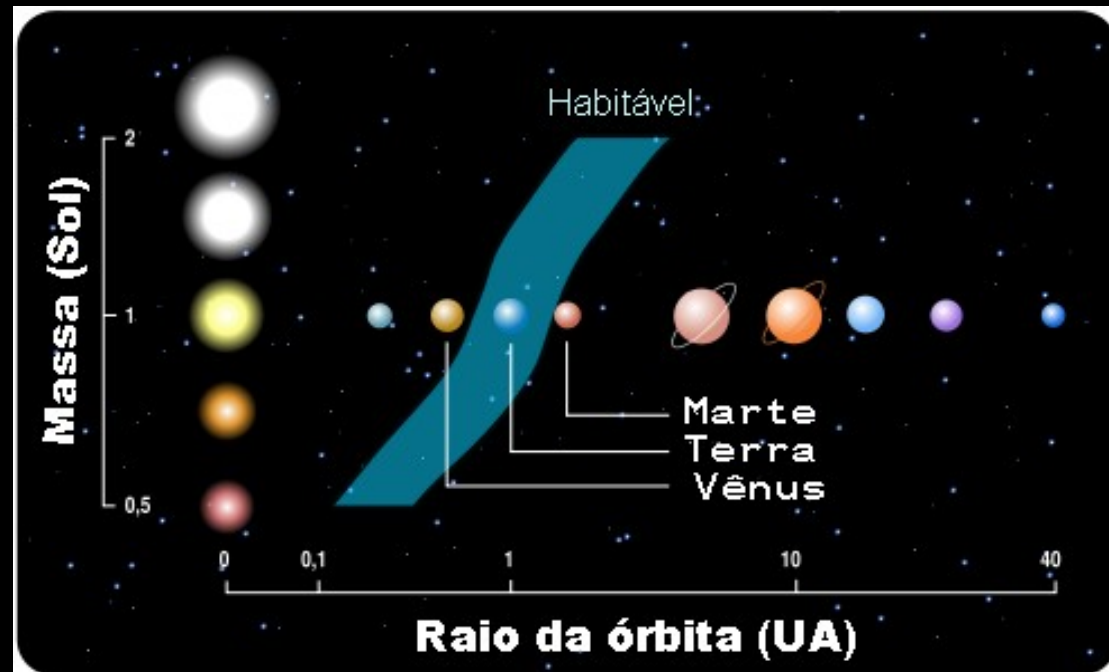
O que possibilita que um planeta e sua estrela central abriguem a vida?

- Água líquida;
- Fonte de energia (estelar);

Zona habitável: local que tenha temperatura adequada para que o planeta tenha **água em forma líquida**, para permitir o movimento das partículas e a eventual formação de moléculas orgânicas complexas, e **fontes de energia** (luz estelar, calor interno ou energia química) para manter o metabolismo

- deve durar bilhões de anos para dar tempo da vida se desenvolver.

- A zona de habitabilidade deve ser estável



Planetas habitáveis:



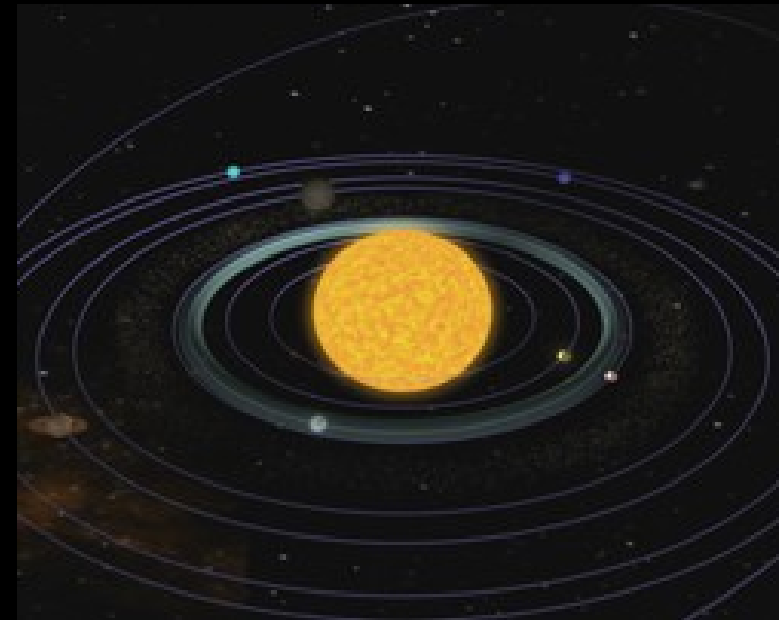
Planetas na zona habitável de uma estrela:

- O planeta não pode ser nem muito frio nem muito quente, para permitir água em estado líquido;

Exemplos no sistema solar:

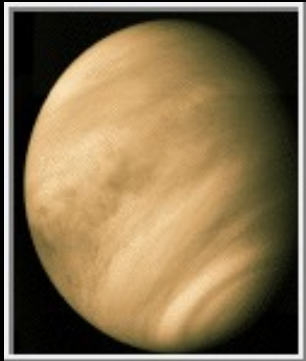
Terra : No meio da zona de habitabilidade:

- temperatura adequada permitiu o balanço entre água e CO_2 na atmosfera e nas rochas



Rochas sedimentares absorvem o CO_2 quando misturado com a água. Na Terra a maior parte do CO_2 está concentrado nas rochas.

Planetas habitáveis



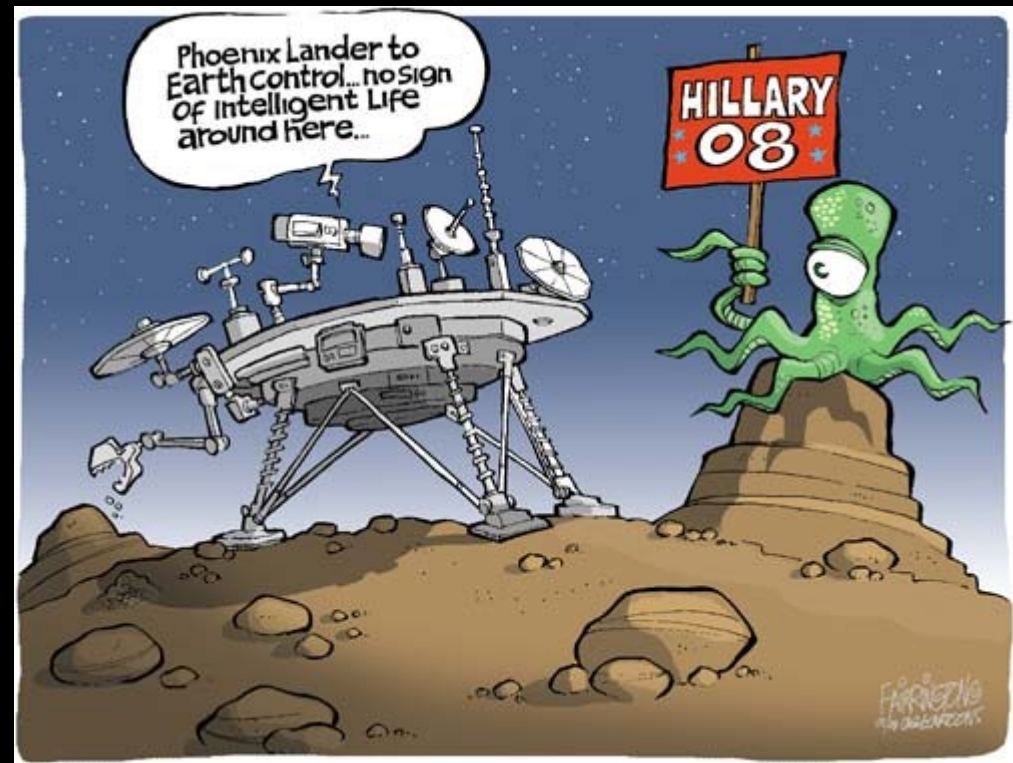
Vênus, muito perto do Sol, fora da zona de habitabilidade do Sol, é muito quente, perdeu sua água muito cedo. A maior parte do CO_2 está na atmosfera.

Marte mais longe do Sol, nas bordas da zona de habitabilidade (?) é muito frio, mas deve tido água líquida sobre sua superfície em passado recente



Julho de 2008

Sonda Phoenix confirma existência de água em Marte



Procura de vida em Marte

Indícios:

- Presença de água congelada na superfície?
- indicações de água líquida na superfície no passado;
- possibilidade de água líquida abaixo da superfície no presente;

Missões:

1976 - sondas Viking: Ausência de sinais de organismos vivos, mas Indícios positivos de processos metabólicos dados por excesso de oxigênio em rochas;

1996: cientistas da NASA anunciaram a presença de fósseis de nano-bactérias (que viveram a 3,6 bilhões de anos.) no meteorito marciano ALH84001, mas as evidências apresentadas por eles nunca foram consideradas conclusivas.



Arrancado por colisões de asteroides com marte.

Procura de vida em Marte



Trouxe algumas respostas e deverá nos dar mais algumas.

- Em junho de 2008, técnicos da missão já diziam estar convictos de que o material brilhante encontrado na superfície de Marte era gelo, e não sal.



- Presença de gelo é confirmada (quimicamente, 31/07/2008);

- O material coletado é analisado após ser transformado em gás;

A procura da água na Lua

Crateras na Lua foram originadas em impactos de asteróides;

- **Questão: se a água na Terra foi originada em impactos de asteróides e cometas, tais impactos teriam originado água na Lua também? Poderia parte dessa água estar ainda lá?**

- Em 1994 a sonda Clementine mapeou a superfície da Lua em rádio e encontrou o que parecia ser material gelado numa cratera no pólo sul da Lua que nunca recebe sol;

- **Observações da mesma região com o radio telescópio de Arecibo não encontrou gelo;**

Radio telescópio de Arecibo (Porto Rico) 305m de diâmetro



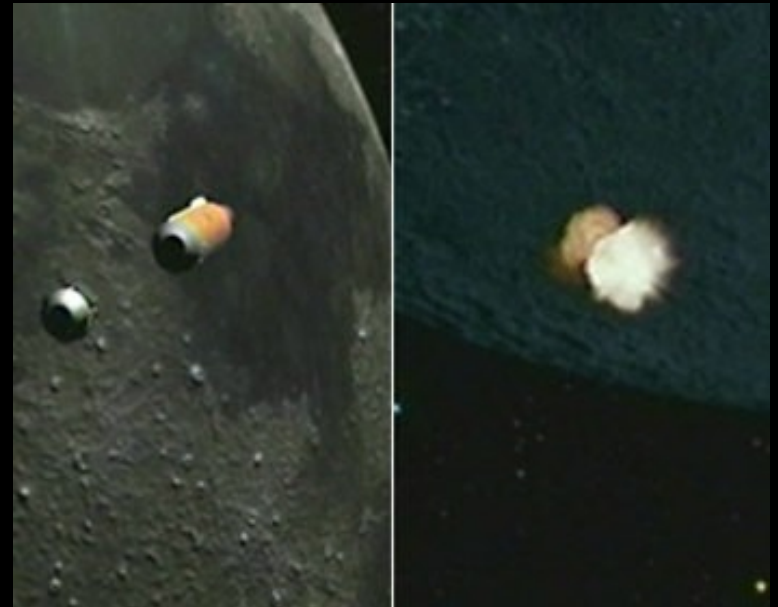
Figure 19-9

Discovering the Universe, Eighth Edition

© 2008 W. H. Freeman and Company

A procura da água na Lua

- Em 1994 a NASA enviou a Lunar Prospector para procurar mineirais ricos em hidrogênio no solo lunar. Novamente encontraram o que poderia ser gelo de água nas crateras polares.
- Ao fim da missão, a Lunar Prospector foi lançada contra o solo lunar: se houvesse gelo, nuvens de vapor d'água seriam levantadas no impacto. Nada foi observado.
- Lcross: Definitivamente há água na Lua - 13/11/2009.



Luas habitáveis

IO (satélite de Júpiter)



- condições de vida do tipo extrema;
- Ausência de água;

Encelado (satélite de Saturno)



Coberta de Gelo. Pode haver vida por lá?

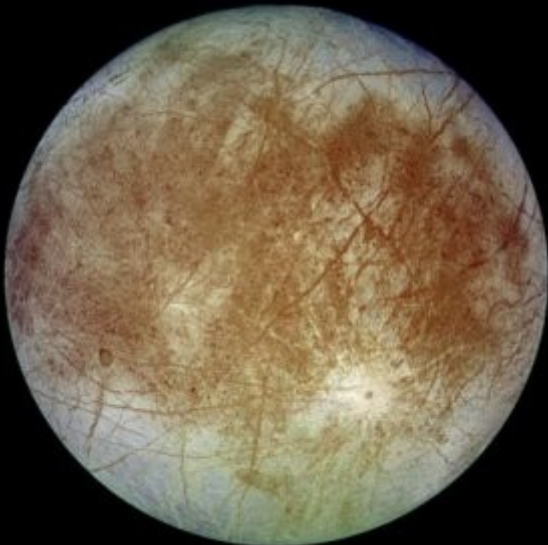
Luas habitáveis

Titã (satélite de Saturno)



- atmosfera espessa de moléculas de nitrogênio
- evidências de lagos de metano/etano ou /água/amônia;
- detecção negativa de água.

Europa (satélite de Júpiter)



- superfície coberta de gelo (60 km de espessura)
- evidências de água líquida abaixo da superfície;
- fonte de aquecimento: forças de maré produzidas por Júpiter;
- possibilidade de vida nas profundidades da lua, a exemplo dos hipertermófilos que vivem nos abismos oceânicos da Terra (ambientes extremos).

Luas habitáveis - EUROPA

Descoberta por Galileu em 1610 (400 Anos);

Apenas em 1995, quando Galileu (a sonda) alcançou Júpiter que pudemos começar a estudar a lua em detalhes;

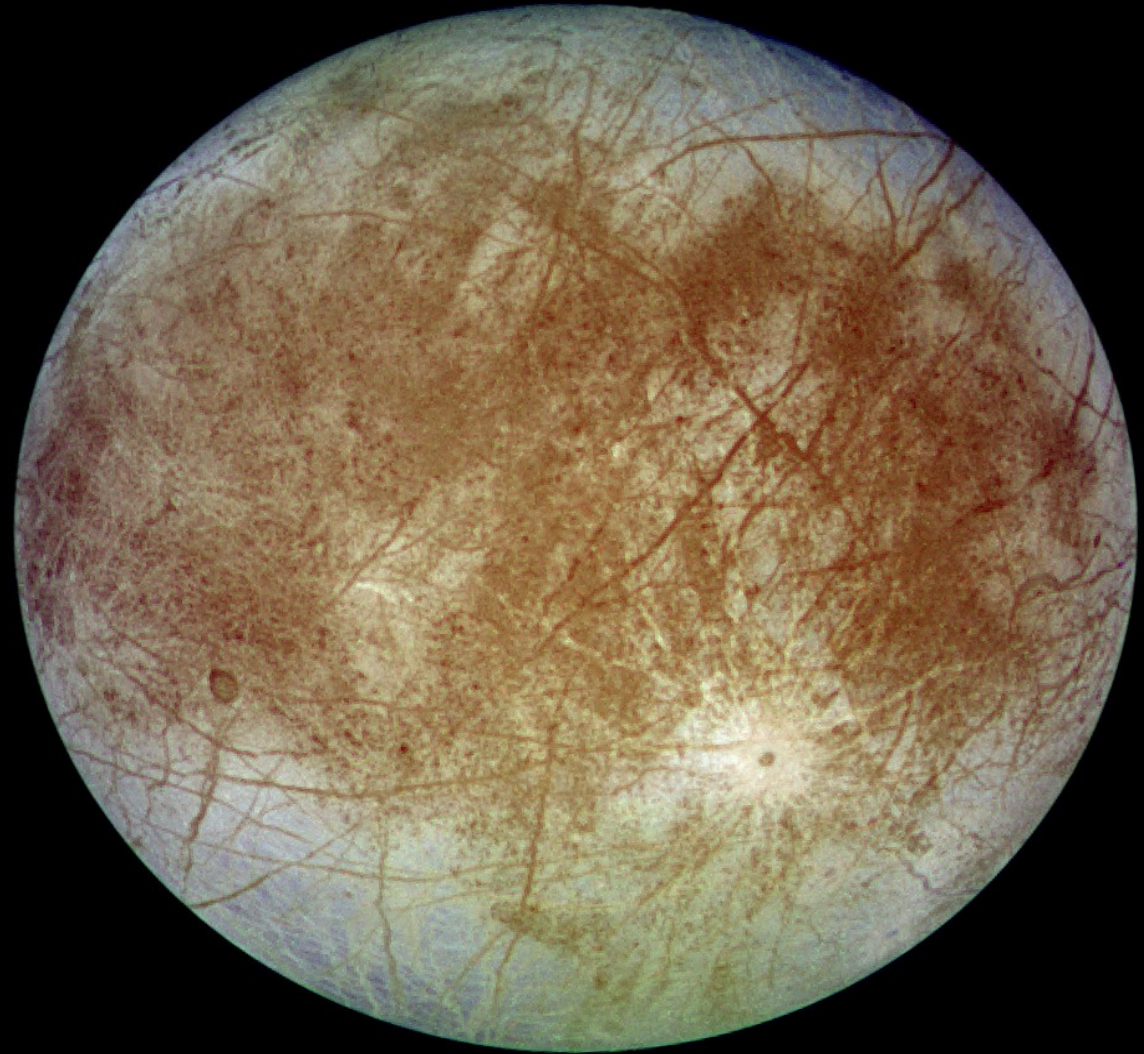
O que a Sonda Galileu descobriu foi tão empolgante que a NASA a colidiu com Júpiter (contaminação).

Oceano Salgado sob a Superfície de Europa.

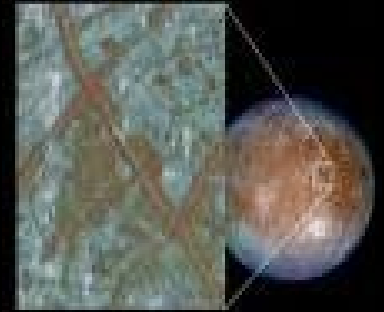
A **crosta tem 50 Milhões** de anos; Europa tem mais de 4 Bilhões de anos!

Luas habitáveis - EUROPA

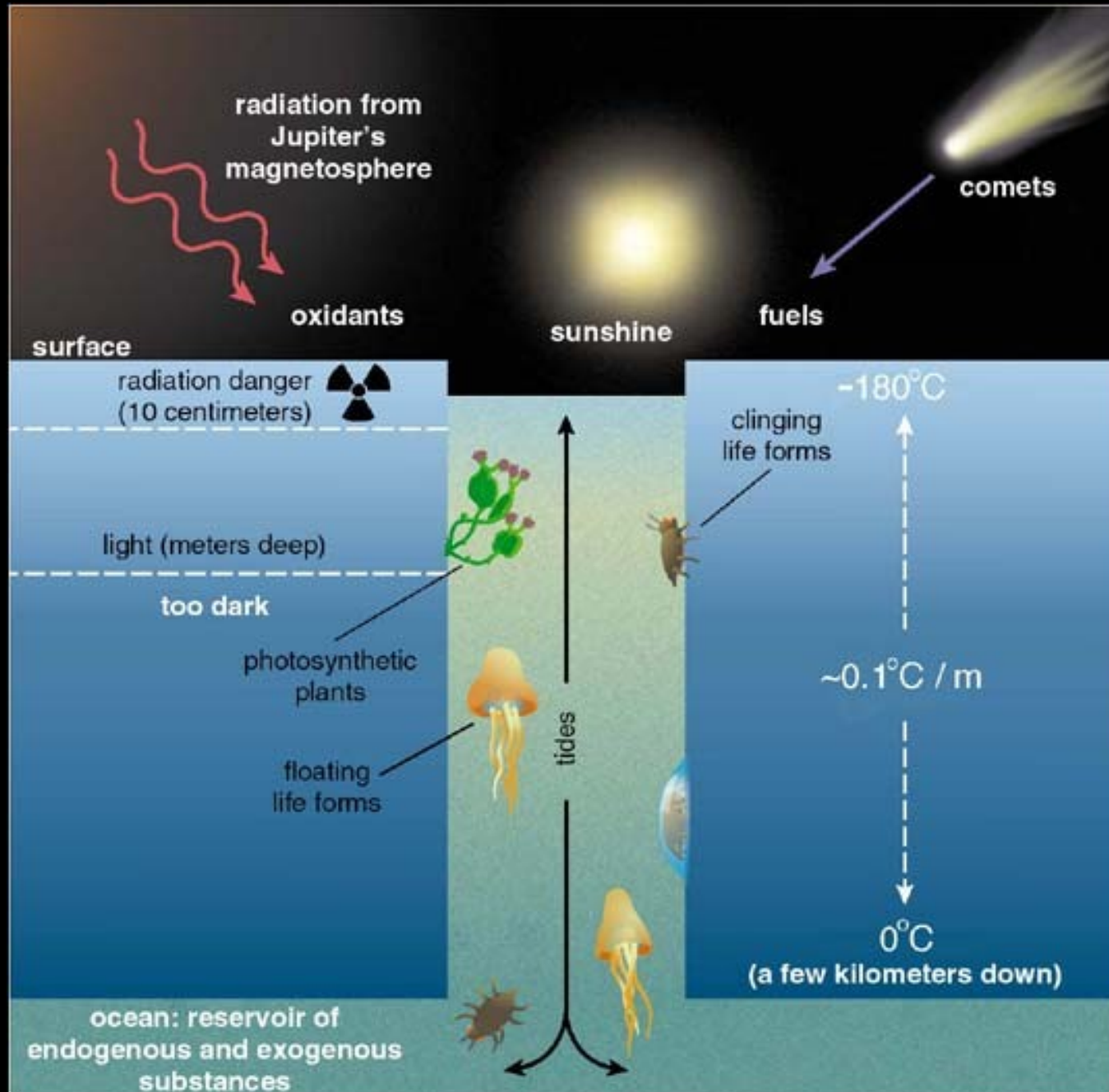
A “repavimentação” envia oxigênio constantemente para baixo.



Luas habitáveis - EUROPA

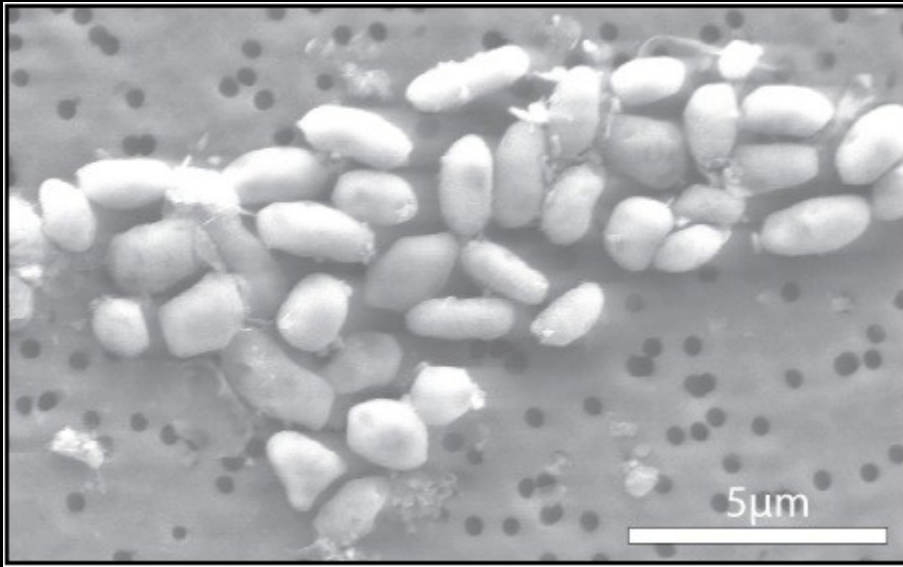


Luas habitáveis - EUROPA



Nível de Oxigênio no "mar de Europa" é maior que no Mar

Capítulo Recente: GFAJ-1



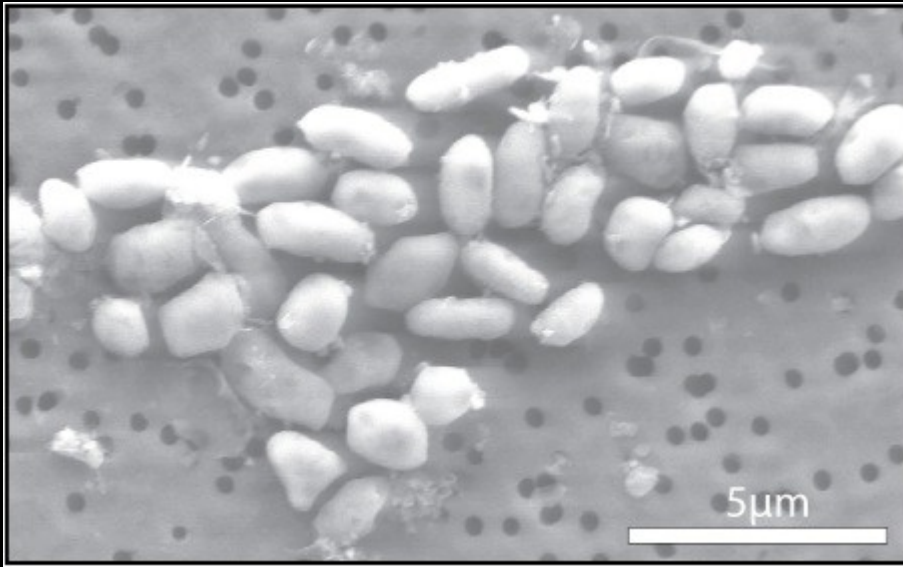
A descoberta foi amplamente divulgada em 2 de dezembro de 2010.

O micro-organismo GFAJ-1 foi cultivado e descoberto por Felisa Wolfe-Simon, uma astrobióloga da NASA.

O organismo foi isolado e cultivado em 2009 a partir de sedimentos que ela e os seus colegas recolheram das margens do lago Mono, na Califórnia.

O lago Mono é um lago hipersalino e muito alcalino. Tem também uma das mais altas concentrações naturais de Arsénio do mundo.

Capítulo Recente: GFAJ-1



A descoberta foi amplamente divulgada em 2 de dezembro de 2010.

Quando privada de fósforo, é capaz de incorporar o elemento Arsénio, geralmente venenoso.

A sua descoberta apoia a ideia já antiga de que a vida em outros planetas pode ter uma constituição química radicalmente diferente da Terra e pode ajudar na procura de vida extraterrestre.

A descoberta deste micro-organismo **PODE** indicar que a vida pode formar-se na ausência de grandes quantidades de fósforo disponível, aumentando assim a probabilidade de encontrar vida noutra local do Universo.

Estrelas adequadas a terem planetas habitáveis

A estrela deve permitir que seus planetas tenham órbitas estáveis

- Estrelas solitárias (como o Sol) são as mais adequadas;
- Sistemas com mais de uma companheira são mais improváveis;

Apenas 10% das estrelas da Via Láctea vivem na zona habitável da Galáxia, onde as condições químicas e ambientais (grande separação entre as estrelas) são favoráveis ao desenvolvimento de planetas rochosos como a Terra.

Estrelas adequadas a terem planetas habitáveis

Mas já foram detectados planetas fora do Sistema solar? Ou seja em outras estrelas?

Estrelas adequadas a terem planetas habitáveis

Mas já foram detectados planetas fora do Sistema solar? Ou seja em outras estrelas?

Sim

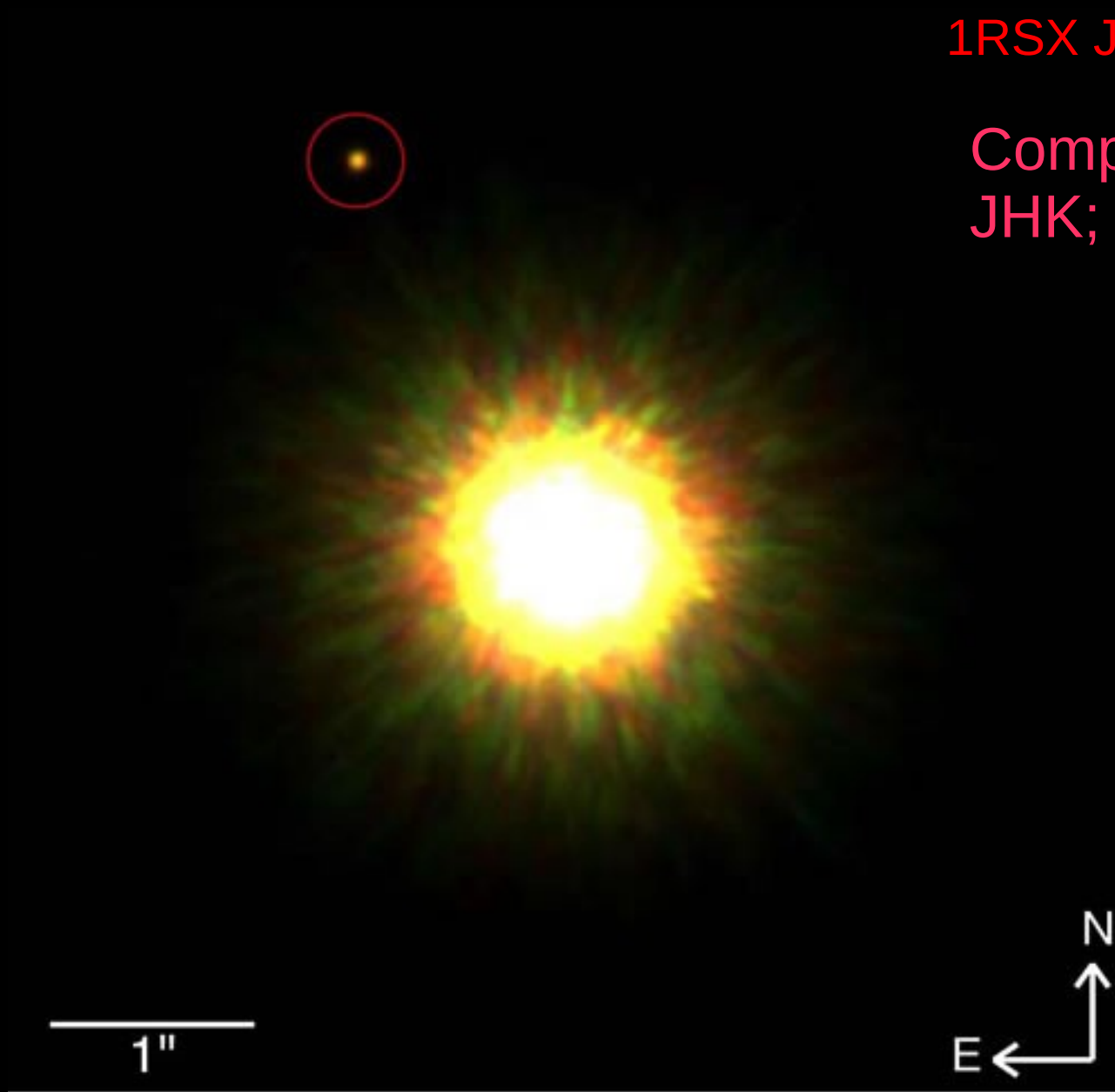
552 extrasolares foram detectados até 06 de Jun de 2011.

<http://exoplanet.eu/>

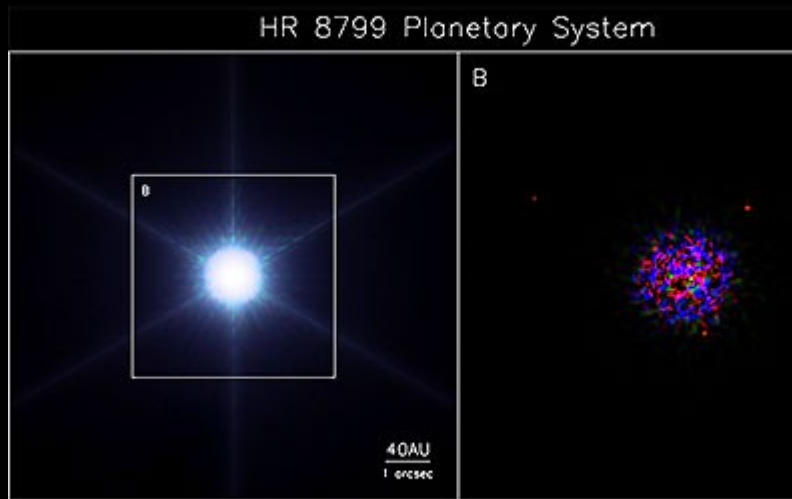
Primeiro planeta extra-solar com imageamento direto (em torno de uma estrela do tipo Solar)

1RSX J160929,1210524.

Composição de
JHK;



Sistema Planetário extrasolar -HR8799



b

c

d

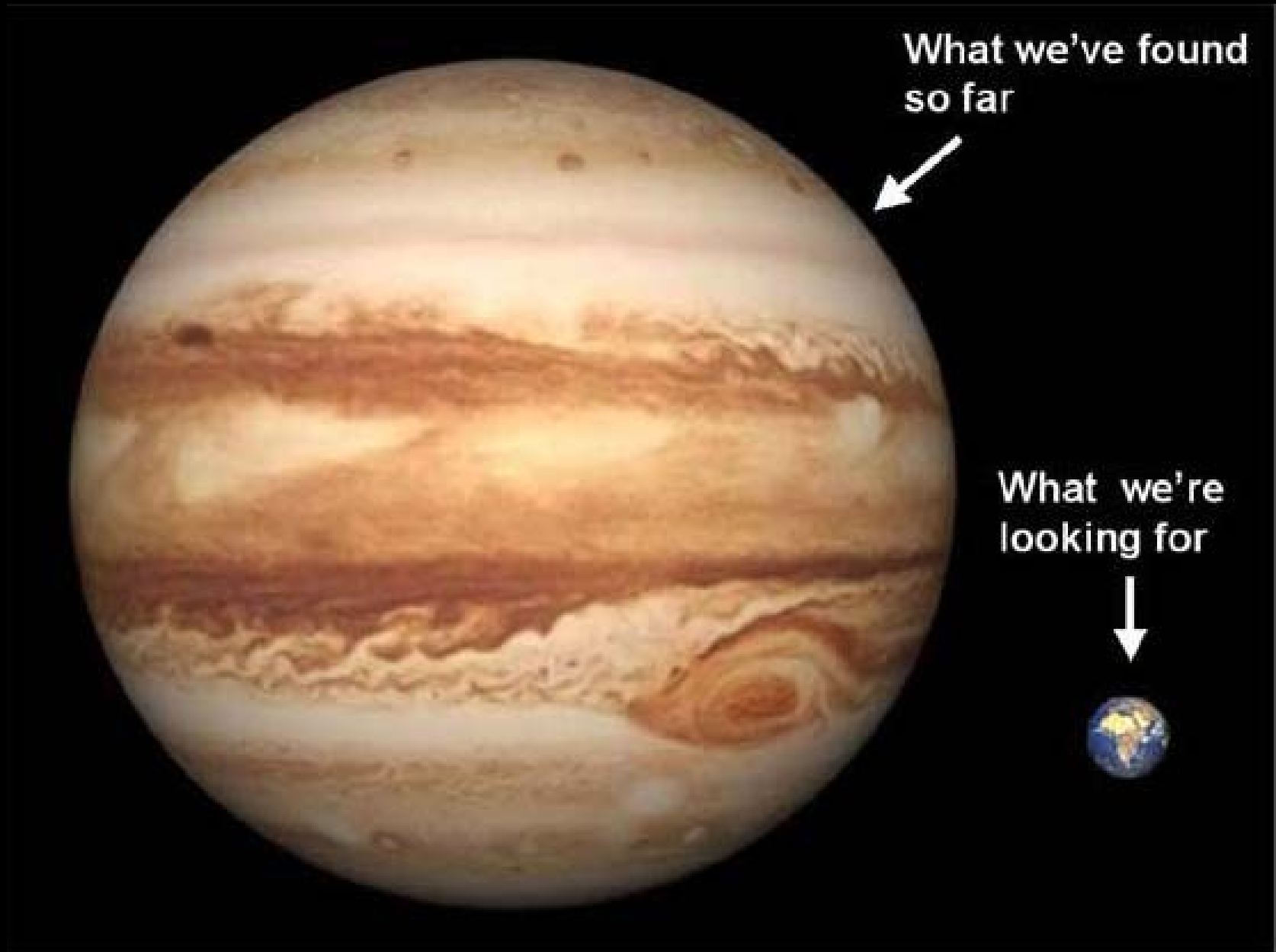
0.5"

20 AU

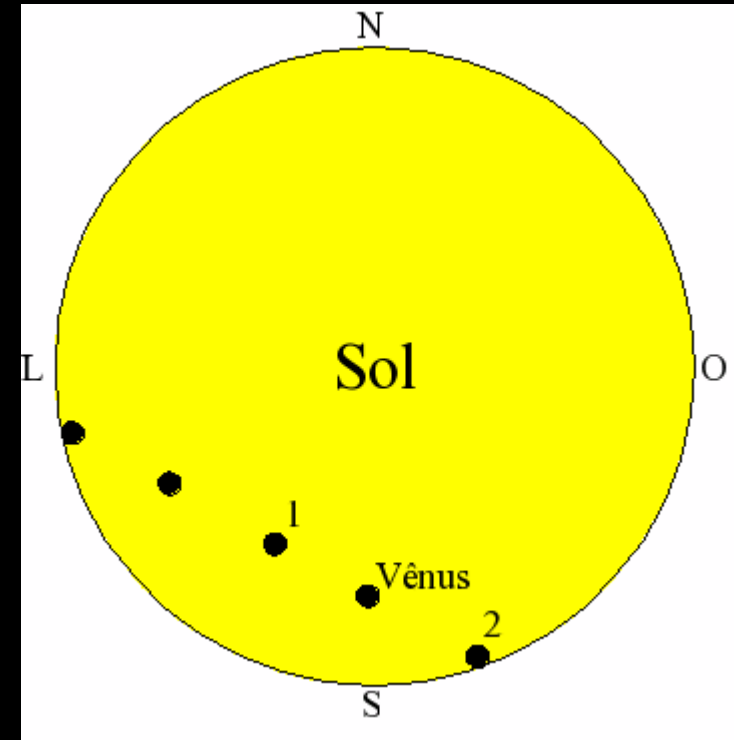
Os Planetas:

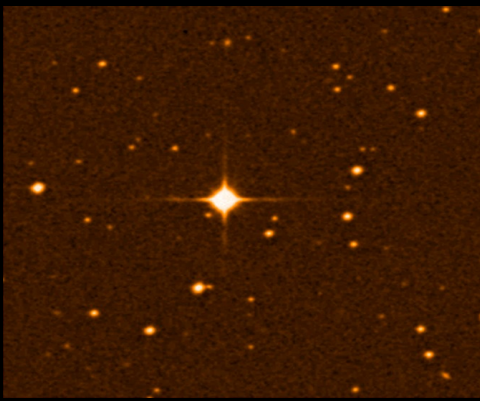
- d: 10 vezes a massa de Júpiter, 1,2 o seu diâmetro, 24 AU de distância.
- c: 10 vezes a massa de Júpiter, 1,2 o seu diâmetro, 38 AU de distância.
- b: 7 vezes a massa de Júpiter, 1,2 o seu diâmetro, 68 AU de distância.

Encontramos x Procuramos



Encontramos x Procuramos





Um capítulo a parte: Gliese 581

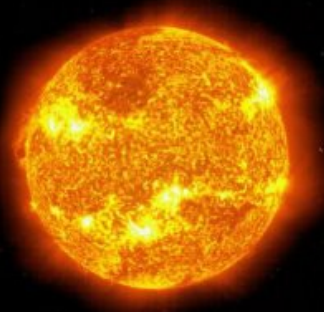
É uma Anã Vermelha (MV3) localizada a 20.3 Anos-Luz (constelação de Libra)

Possui um Sistema Planetário

Acredita-se que possua 6 planetas:

Planeta (a partir da estrela)	Massa	Semi-eixo Maior (UA)	Período Orbital (Dias)
<u>e</u>	$\geq 1.7 M_{\oplus}$	0.0284533 ± 0.0000023	3.14867 ± 0.00039
<u>b</u>	$\geq 15.6 M_{\oplus}$	0.0406163 ± 0.0000013	5.36841 ± 0.00026
<u>c</u>	$\geq 5.6 M_{\oplus}$	0.072993 ± 0.000022	12.9191 ± 0.0058
<u>g</u> (Não Confirmado)	$\geq 3.1 M_{\oplus}$	0.14601 ± 0.00014	36.562 ± 0.052
<u>d</u>	$\geq 5.6 M_{\oplus}$	0.21847 ± 0.00028	66.87 ± 0.13
<u>f</u> (Não Confirmado)	$\geq 7.0 M_{\oplus}$	0.758 ± 0.015	433 ± 13

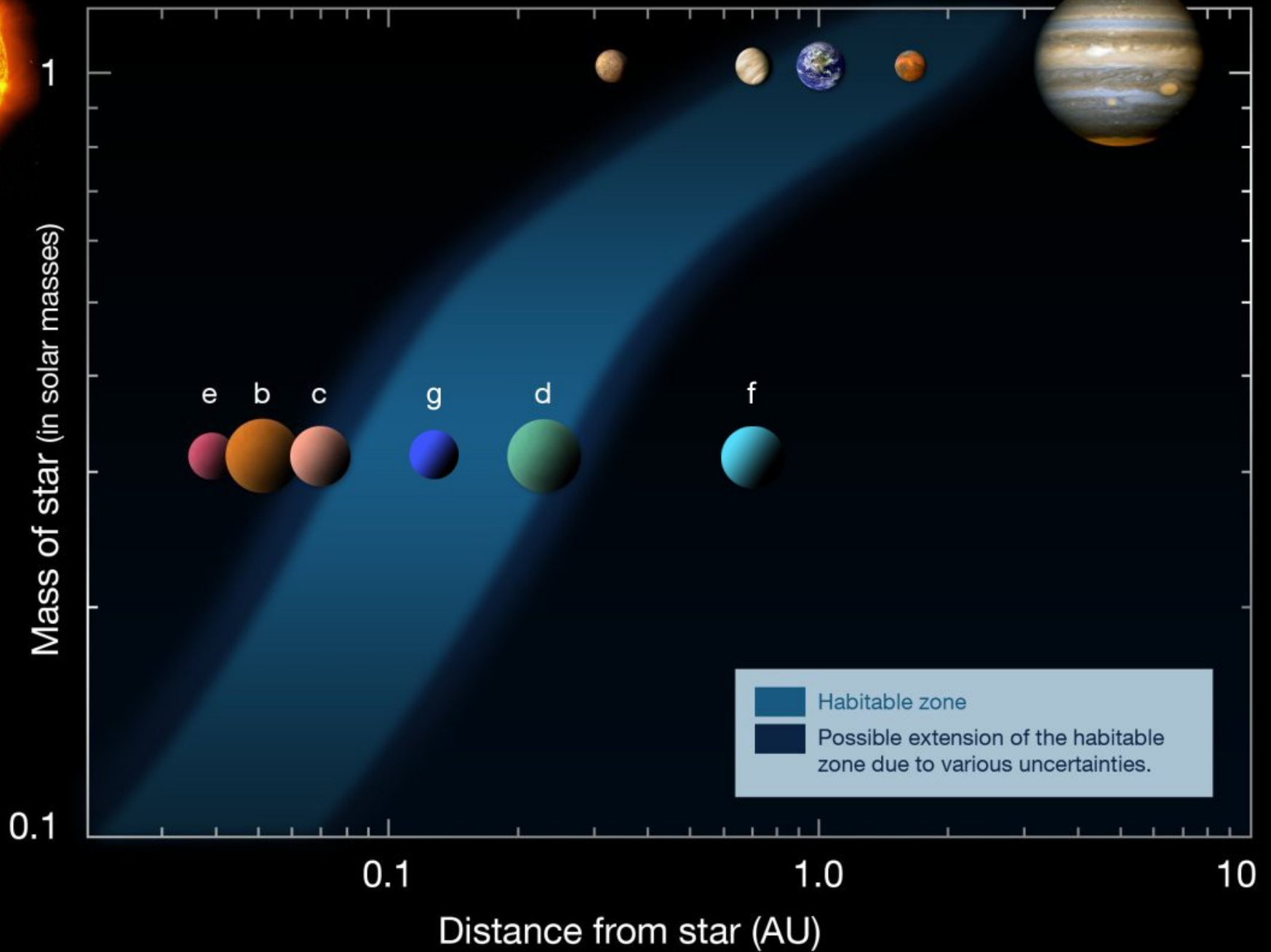
Um capítulo a parte: Gliese 581



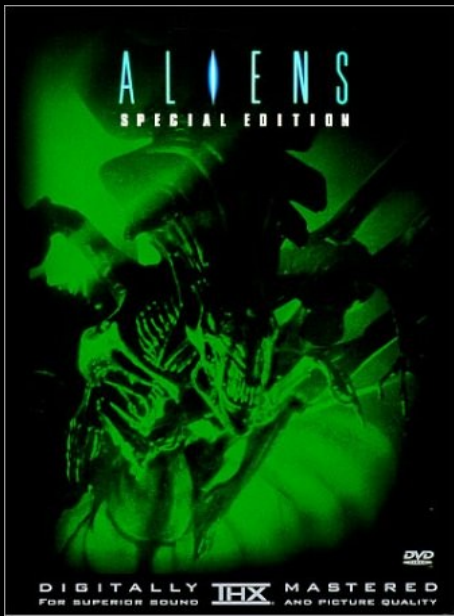
Sun



Gliese 581



Existe vida inteligente fora da Terra?



Procura de vida inteligente fora da Terra

Inteligência: capacidade de ter auto-consciência,..., de elaborar informações, de formular perguntas e procurar respostas...

Vida na Terra tem 3,8 bilhões de anos: levou 1 bilhão de anos para se desenvolver a vida;

O Homo Sapiens Sapiens só tem 125 000 anos;

Civilização tem 10000 anos;

Tecnologia para comunicação tem menos de 100 anos;

Procura de vida inteligente fora da Terra



Procura de vida inteligente fora da Terra

O projeto SETI

1959: Cocconi & Morrison publicaram "Searching for extraterrestrial Communication" (Nature),

1960: Drake começou uma busca de sinais em Ceti e Eridani com o radiotelescópio de 25 m de Green Bank.

1961: 10 especialistas de diversas áreas (Drake, Sagan, Calvin, entre outros) se reúnem. Drake formula sua equação

$$N = f_p f_v f_i f_c \dot{N} T_t,$$

Procura de vida inteligente fora da Terra

A Equação de Drake:

$$N = f_p f_v f_i f_c \dot{N} T_t,$$

f_p é a fração provável de estrelas que tem planetas (menor que 0,4),

f_v é a fração provável de planetas que abrigam vida,

f_i é a fração provável de planetas que abrigam vida e desenvolveram formas de vida inteligente,

f_c é a fração provável de planetas que abrigam vida inteligente e que desenvolveram civilizações tecnológicas com comunicação eletromagnética,

\dot{N} é a taxa de formação de estrelas na Galáxia, e

T_t é o tempo provável de duração de uma civilização tecnológica.

Procura de vida inteligente fora da Terra

	R_*	f_p	f_v	n_T	f_i	f_c	T_t	N
hipótese muito otimista	20	0,6	2	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	2	1	0,01	0,01	10000	100

Hipótese muito otimista: $N = 10^9$:

1 bilhão de civilizações na nossa Galáxia podem e querem se comunicar!

Hipótese pessimista: $N = 10^{-12}$:

criaturas como os Terráqueos são muito raras, apenas 1 caso em 1 trilião de galáxias. (Hipótese da Terra Rara)

No nosso universo observável tem 10^{11} galáxias : estamos sozinhos!

