



uff Universidade
Federal
Fluminense
Campus Volta Redonda

Semana acadêmica
18-19/out/2016

Minicurso:

Astroquímica e Astrobiologia

Prof. Dr. Sergio Pilling

sergiopilling@yahoo.com.br
www1.univap.br/spilling



Aula 1:

Introdução a Astroquímica e a evolução química do Universo e

Nucleossínteses, Evolução estelar, Meio interestelar, Formação de Moléculas.

Observações (IR e Rádio) e experimentos.

Aula 2:

Introdução a Astrobiologia e vida no contexto cósmico

Exoplanetas, habitabilidade, panspermia, extremófilos.

Experimentos de astrobiologia.

Aula 2:

Introdução a Astrobiologia e vida no contexto Cósmico

Exoplanetas, habitabilidade, panspermia, extremófilos.

Experimentos de astrobiologia.



A) Exoplanetas

Baseado na União Astronômica Internacional (IAU), para que um corpo seja considerado um "planeta", ele deve apresentar as seguintes características:

Um planeta é um corpo celestial que: (a) está em órbita ao redor de uma ou mais estrelas, (b) tem massa suficiente para que sua auto-gravidade permita que ele assuma uma forma arredondada (em equilíbrio hidrostático) e seja menor que 13 Massas de Júpiter e, (c) tem limpa a sua vizinhança ao longo de sua órbita.

Portanto, um exoplaneta seria um corpo celeste com estas características, mas que orbita uma estrela que não seja o Sol e, desta forma, pertence a um sistema planetário distinto do nosso.

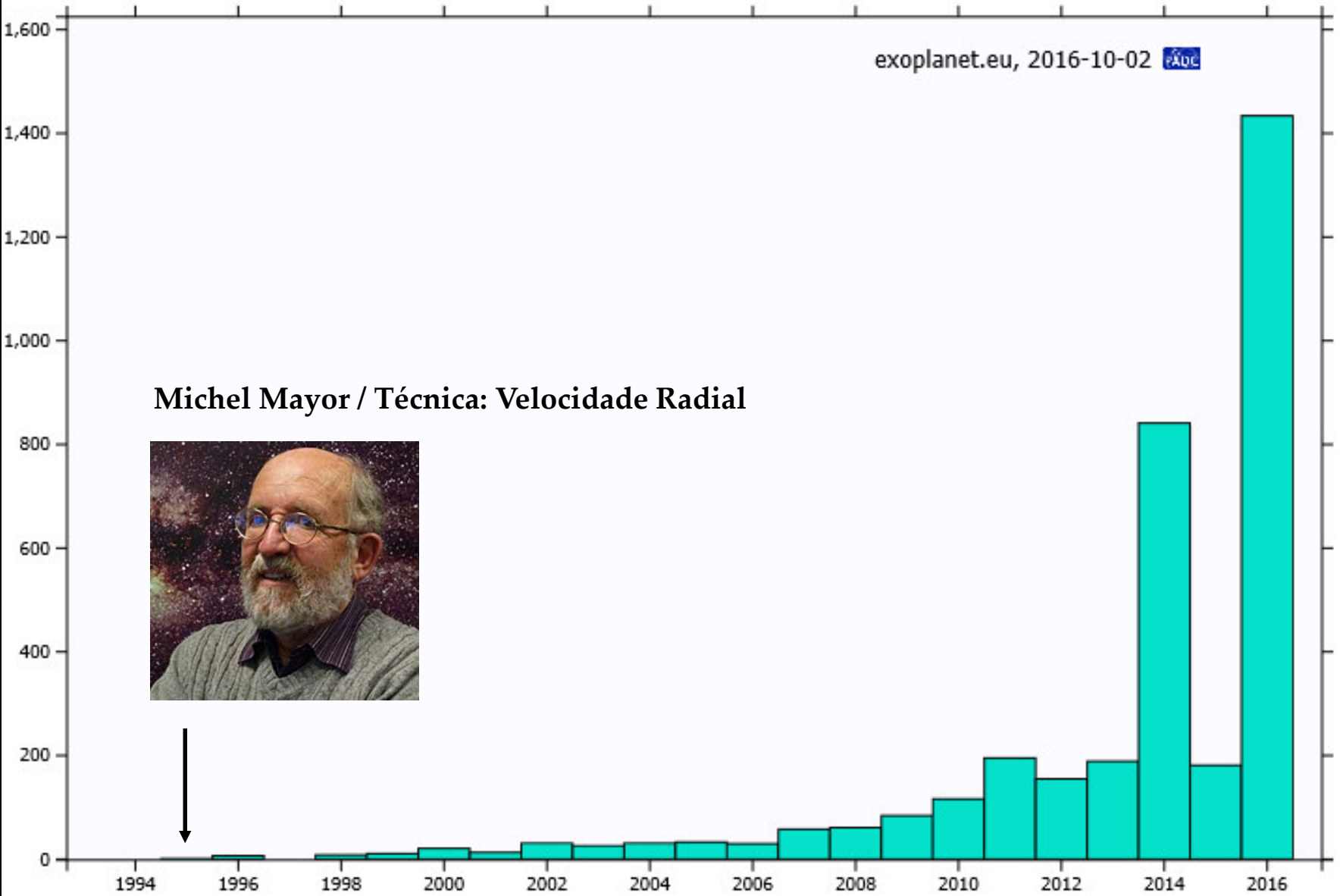
Julho/2026: ~ 5450 exoplanetas (confirmados 2951)
Exoplaneta em *Proxima Centauri* (estrela mais próxima. 4 AL da Terra)

<http://exoplanets.org/>

Visão artística da presença de planetas nas estrelas na nossa vizinhança cósmica



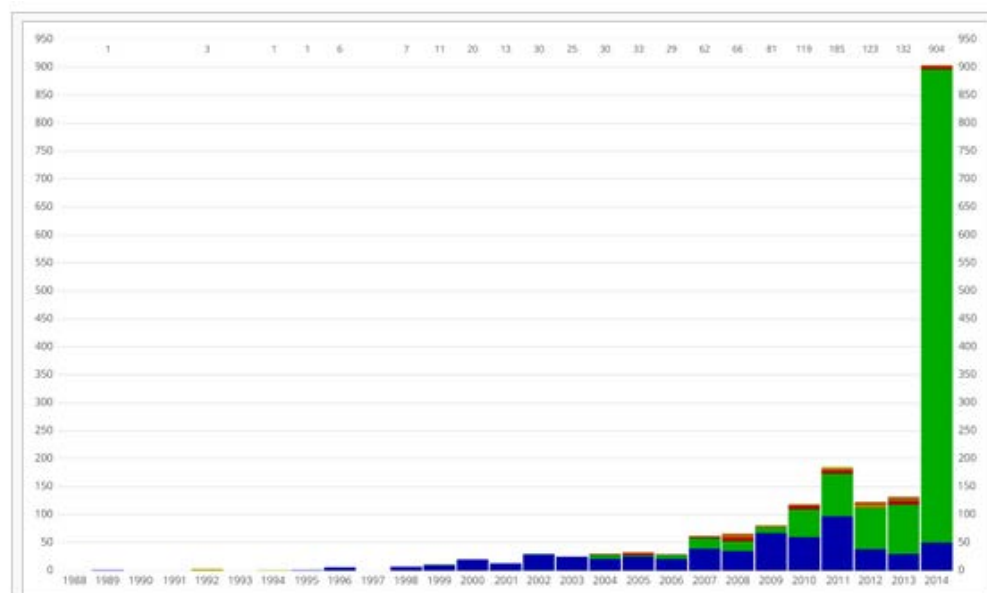
Michel Mayor / Técnica: Velocidade Radial



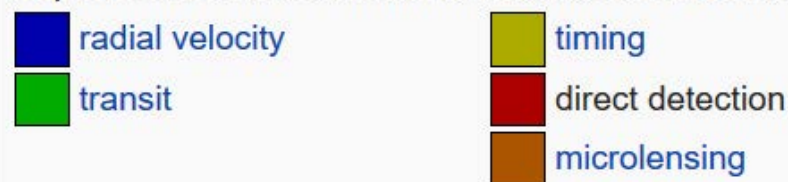
Técnicas de detecção de exoplanetas

Devido não possuir luz própria, e seu tamanho característico, é pouco provável que se consiga detectar de modo direto um planeta fora do Sistema Solar. Apesar da dificuldade, já existem imagens diretas de planetas, obtidas em infravermelho. Estas foram possíveis utilizando diversas técnicas, como o uso de coronógrafos, instrumentos que realizam eclipses artificiais da estrela. No entanto, os astrônomos têm vindo a desenvolver vários métodos de detecção de exoplanetas. As principais técnicas utilizadas para detecção de exoplanetas são:

- Astrometria
- Medida de Velocidade Radial (Efeito Doppler)
- Fotometria (Trânsito de Planetas)
- Cronometria da chegada de Pulsos (pulsares)
- Observação Direta
- Micro-lentes Gravitacionais



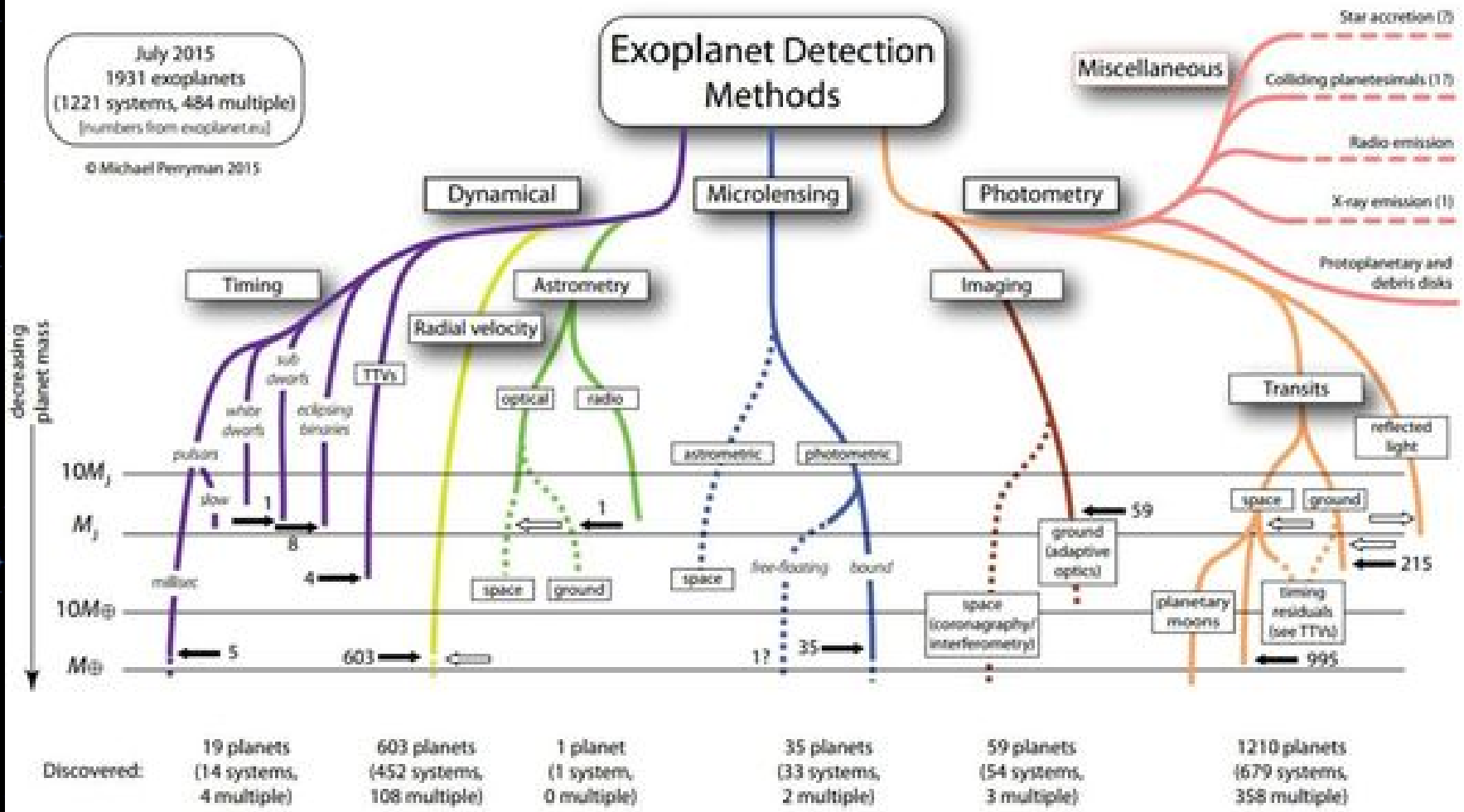
Number of extrasolar planet discoveries per year through September 2014. Colors indicate method of detection.



July 2015
 1931 exoplanets
 (1221 systems, 484 multiple)
 [numbers from exoplanet.eu]

© Michael Perryman 2015

Exoplanet Detection Methods



Discovered: 19 planets
 (14 systems, 4 multiple)

603 planets
 (452 systems, 108 multiple)

1 planet
 (1 system, 0 multiple)

35 planets
 (33 systems, 2 multiple)

59 planets
 (54 systems, 3 multiple)

1210 planets
 (679 systems, 358 multiple)

— existing capability projected (10–20 yr) n = planets known —→ discoveries ⇌ follow-up detections

Missões espaciais para busca de exoplanetas

Missão Corot

Lançado em 27 de dezembro de 2006 e desenvolvido pela Agência Espacial francesa (CNES) juntamente com vários parceiros internacionais, inclusive o Brasil.

A sonda, pertencente à série Proteus, é equipada com um telescópio afocal de 27cm de diâmetro, e uma câmera com 4 CCD's, sensíveis o bastante para detectar pequenas variações na intensidade da luz vinda das estrelas.

Os instrumentos do COROT tornam possível, com um método chamado sismologia estelar, conhecer a estrutura interna das estrelas, assim como detectar planetas extrasolares pela observação de micro-eclipses periódicos que ocorrem quando um planeta transita em frente da estrela do seu sistema planetário.

A missão tem como objetivo:

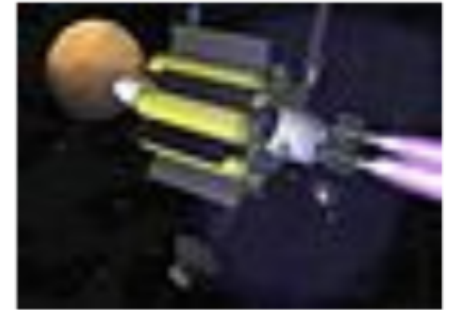
- Procura de planetas extra-solares, em particular planetas telúricos.
- Detecção e estudo de oscilações estelares (astrossismologia);

Resultados: Vários planetas descobertos, aprimoramento das técnicas de detecção, dados para estudo de curva de luz de sistemas planetários e etc



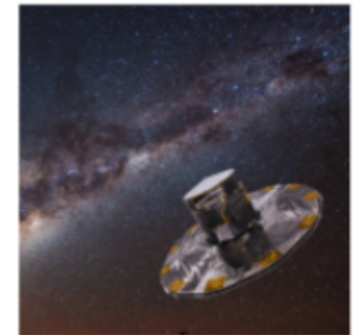
Missão Darwin

A sonda Darwin é projeto de sonda espacial não tripulada, proposta pela Agência Espacial Européia para ser lançado em 2015 com o objetivo de lançar um conjunto de telescópios orbitais a fim de detectar planetas próximos a outras estrelas e analisar sua atmosfera para verificação de assinaturas químicas de vida.



Missão Gaia

É uma ambiciosa missão com o objetivo de montar um gráfico tridimensional da nossa galáxia, revelando seu processo de formação, evolução e sua composição. Combinando esses dados com as informações astrofísicas de milhares de estrelas, incluindo a detecção e classificação orbital de sistemas planetários.
lançamento: 2013.



Missão SIM Lite

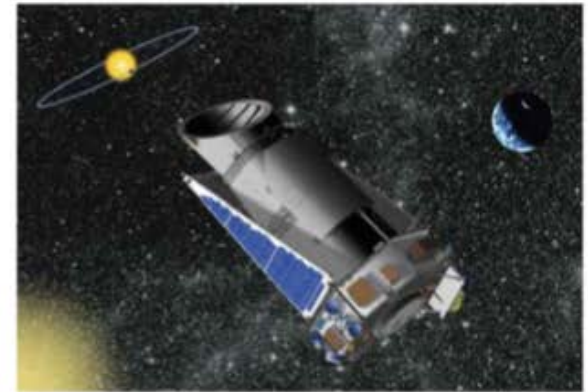
É um projeto da Nasa, que pretende lançar Observatório astrométrico com um interferômetro Michelson que tem como objetivo identificar planetas terrestres nas zonas habitáveis de suas estrelas, determinar a massa e as luminosidades de estrelas, anãs marrons, estrelas de Nêutrons e buracos negros, além do estudo da determinação da idade da Via Láctea , distribuição de matéria escura, etc.

Missão Kepler

Lançada em 2009, a sonda Kepler consiste em um observatório espacial projetado pela NASA que procura por planetas extrasolares, além de explorar suas estruturas e diversidades desses sistemas planetários.

Para esta finalidade, a sonda deverá observar cerca de 100 000 estrelas por um período de quatro anos. Para descobrir exoplanetas, a missão Kepler utiliza-se do método de fotometria, a fim de detectar alguma ocultação periódica de uma estrela por um de seus planetas.

A sonda Kepler não permanece em órbita da Terra, mas sim em uma órbita de perseguição à órbita solar da Terra, a fim de que a Terra não oculte estrelas que estejam sendo estudadas pela sonda. O seu principal instrumento é um fotômetro de 0,95 m de diâmetro. Para realizar sua missão, a sonda Kepler deverá bater uma foto da região de interesse a cada três segundos.



Sistemas planetários

Planetas foram identificados em mais de 2600 estrelas diferentes

Mais de 590 sistemas planetários já foram identificados

Em três estrelas foram identificados um sistema com 7 planetas!!!

Multiplanetary systems [edit]

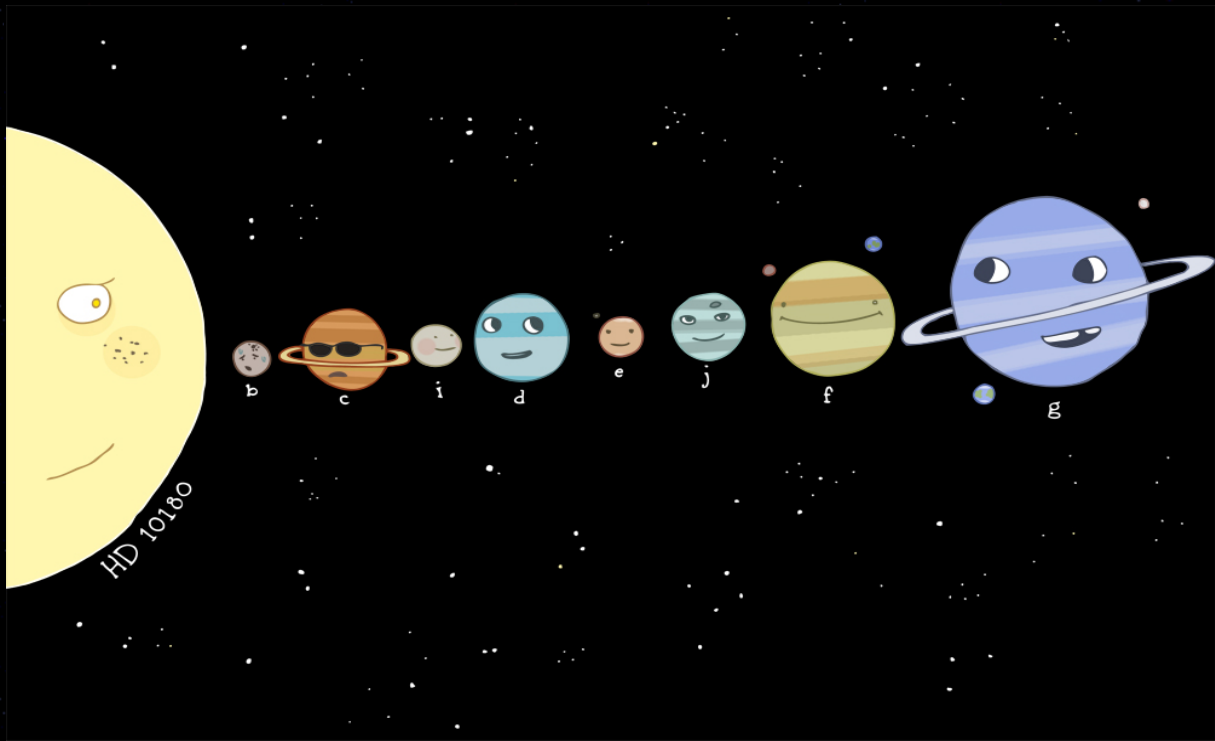
Color indicates number of planets

2 3 4 5 6 7 8

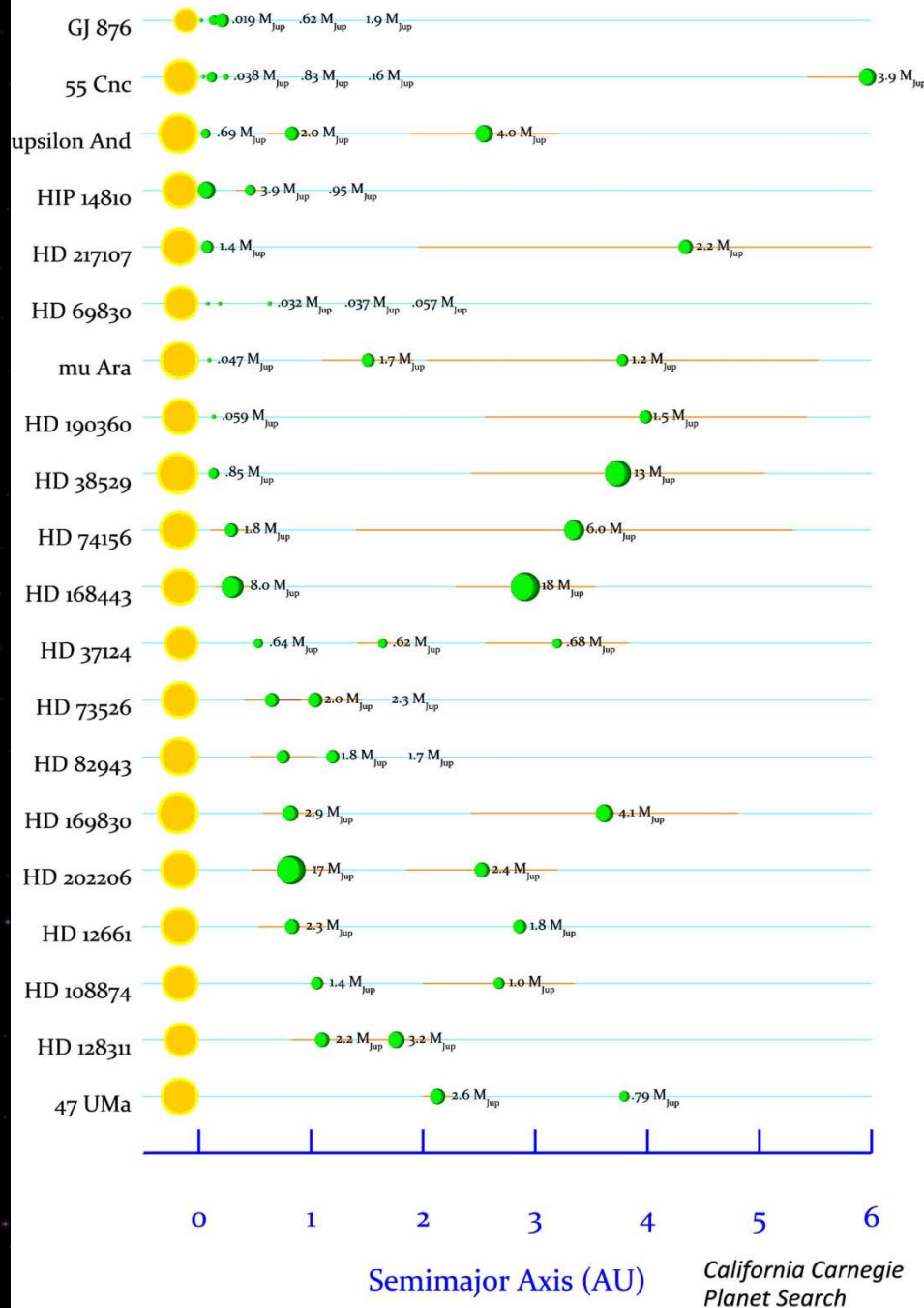
Star	Constellation	Right ascension	Declination	Apparent magnitude	Distance (ly)	Spectral type	Mass (M _⊙)	Temperature (K)	Age (Gyr)	Confirmed (unconfirmed) planets	Notes
Sun	—	-	-	-26.74	1.6 × 10 ⁻⁵	G2V	1	5778	4.572	8 (1)	Our home star
Gliese 876	Aquarius	22 ^h 53 ^m 16.73 ^s	-14° 15′ 49.3″	10.17	15	M4V	0.334	3348	4.893	4	-
82 G. Eridani	Eridanus	03 ^h 19 ^m 55.65 ^s	-43° 04′ 11.2″	4.254	20	G8V	1.27	5401	5.76	3	-
Gliese 581	Libra	15 ^h 19 ^m 26.83 ^s	-07° 43′ 20.2″	10.56	20	M3V	0.311	3484	4.326	3	-
Gliese 667 C	Scorpius	17 ^h 18 ^m 57.16 ^s	-34° 59′ 23.14″	10.20	21	M1.5V	0.31	3700	unknown	2 (5)	Triple star system
HR 8832	Cassiopeia	23 ^h 13 ^m 14.74 ^s	57° 10′ 03.5″	5.57	21	K3Vvar	0.794	4699	12.66	7	-
61 Virginis	Virgo	13 ^h 18 ^m 24.31 ^s	-18° 18′ 40.3″	4.74	28	G5V	0.954	5531	8.96	3	-
54 Piscium	Pisces	00 ^h 39 ^m 21.0 ^s	+21° 15′ 01″	5.8	36	K0V	0.79	5173	5.13	2	-
55 Cancri	Cancer	08 ^h 52 ^m 35.81 ^s	+28° 19′ 50.9″	5.95	40	G8V	1.026	5217	5.543	5	-
HD 69830	Puppis	08 ^h 18 ^m 23.95 ^s	-12° 37′ 55.8″	5.95	41	K0V	0.856	5385	7.446	3	-
HD 40307	Pictor	05 ^h 54 ^m 04.24 ^s	-60° 01′ 24.5″	7.17	42	K2.5V	0.752	4977	1.198	6	-
Upsilon Andromedae	Andromeda	01 ^h 36 ^m 47.84 ^s	+41° 24′ 19.7″	4.09	44	F8V	1.27	6107	3.781	4	-
47 Ursae Majoris	Ursa Major	10 ^h 59 ^m 27.97 ^s	+40° 25′ 48.9″	5.10	46	G0V	1.029	5892	7.434	3	-
Nu ² Lupi	Lupus	15 ^h 21 ^m 49.57 ^s	-48° 19′ 01.1″	5.65	47	G2V	unknown	unknown	unknown	3	-
Gliese 163	Dorado	04 ^h 09 ^m 16 ^s	-53° 22′ 25″	11.8	49	M3.5V	0.4	unknown	3	3 (1)	-
Mu Arae	Ara	17 ^h 44 ^m 08.70 ^s	-51° 50′ 02.6″	5.15	51	G3IV-V	1.077	5704	6.413	4	-
HD 113538	Centaurus	13 ^h 04 ^m 57.48 ^s	-52° 26′ 34.5″	9.10	52	K9V	0.698	4685	1.278	2	-
Gliese 777	Cygnus	20 ^h 03 ^m 37.41 ^s	+29° 53′ 48.5″	5.71	52	G6IV	1.037	5588	12.11	2	-
Gliese 676 A	Ara	17 ^h 30 ^m 11.2042 ^s	-51° 38′ 13.116″	9.59	53	M0V	0.71	unknown	unknown	4	-
HD 128311	Boötes	14 ^h 36 ^m 00.56 ^s	+09° 44′ 47.5″	7.51	54	K0V	0.804	4965	0.394	2	-
HD 7924	Cassiopeia	01 ^h 21 ^m 59.12 ^s	+76° 42′ 37.0″	7.19	55	K0V	0.832	5177	unknown	3	-

Planetary system statistics [edit]

Planets per star	Number of stars	Star list
8	1	<ul style="list-style-type: none"> Sun
7	3	<ul style="list-style-type: none"> HD 10180 ← Kepler-90 HR 8832
6	3	<ul style="list-style-type: none"> Kepler-11 HD 40307 Kepler-20
5	15	<ul style="list-style-type: none"> 55 Cancri Kepler-32 Kepler-33 Kepler-55 Kepler-62 Kepler-80 Kepler-84 Kepler-102 Kepler-154 Kepler-189 Kepler-186 Kepler-238 Kepler-292 Kepler-296 A Kepler-444^[3]
4	49	<ul style="list-style-type: none"> HD 141399 HR 8799 Gliese 581 Gliese 676 Gliese 876 Kepler-24 Kepler-26 Kepler-37 Kepler-48 Kepler-49 Kepler-79 Kepler-82 Kepler-85 Kepler-89 Kepler-106 Kepler-107 Kepler-122 Kepler-132 Kepler-150 Kepler-167 Kepler-172 Kepler-176 Kepler-197 Kepler-208 Kepler-215 Kepler-220 Kepler-221 Kepler-223 Kepler-224 Kepler-235 Kepler-245 Kepler-251 Kepler-256 Kepler-265 Kepler-282 Kepler-286 Kepler-299 Kepler-304 Kepler-306 Kepler-338 Kepler-341 Kepler-342 Kepler-402 Kepler-758 Kepler-1388 Kepler-1542 Mu Arae Upsilon Andromedae WASP-47
3	122	<ul style="list-style-type: none"> 47 Ursae Majoris 61 Virginis 82 G. Eridani HD 69830 HIP 57274 HD 181433 HD 37124 HIP 14810 HD 125612 Kepler-9 Kepler-18 Kepler-23 Kepler-25 Kepler-30 Kepler-31 Kepler-42 Kepler-46 Kepler-51 Kepler-52 Kepler-53 Kepler-54 Kepler-56 Kepler-58 Kepler-60 Kepler-65 Kepler-88 Kepler-81 Kepler-83 Kepler-92 Kepler-100 Kepler-104 Kepler-114 Kepler-124 Kepler-126 Kepler-127 Kepler-130 Kepler-138 Kepler-142 Kepler-148 Kepler-149 Kepler-157 Kepler-164 Kepler-166 Kepler-171 Kepler-174 Kepler-176 Kepler-178 Kepler-184 Kepler-191 Kepler-192 Kepler-194 Kepler-198 Kepler-203 Kepler-206 Kepler-207 Kepler-217 Kepler-218 Kepler-219 Kepler-222 Kepler-226 Kepler-228 Kepler-229 Kepler-244 Kepler-245 Kepler-247 Kepler-249 Kepler-250 Kepler-253 Kepler-254 Kepler-255 Kepler-257 Kepler-267 Kepler-271 Kepler-272 Kepler-275 Kepler-276 Kepler-279 Kepler-288 Kepler-289 Kepler-295 Kepler-298 Kepler-301 Kepler-304 Kepler-305 Kepler-310 Kepler-319 Kepler-325 Kepler-326 Kepler-327 Kepler-331 Kepler-332 Kepler-334 Kepler-336 Kepler-339 Kepler-342 Kepler-350 Kepler-351 Kepler-354 Kepler-357 Kepler-359 Kepler-363 Kepler-372 Kepler-374 Kepler-398 Kepler-399 Kepler-401 Kepler-403 Kepler-431 Kepler-446 Kepler-450 Kepler-454 Kepler-603 Kepler-1254 HD 39194 HD 31527 HD 134606 HD 204313 HD 82943 Nu2 Lupi PSR B1257+12 HD 7924 HD 142
2	~300	



sol



Semimajor Axis (AU)

California Carnegie Planet Search



Tilted orbits

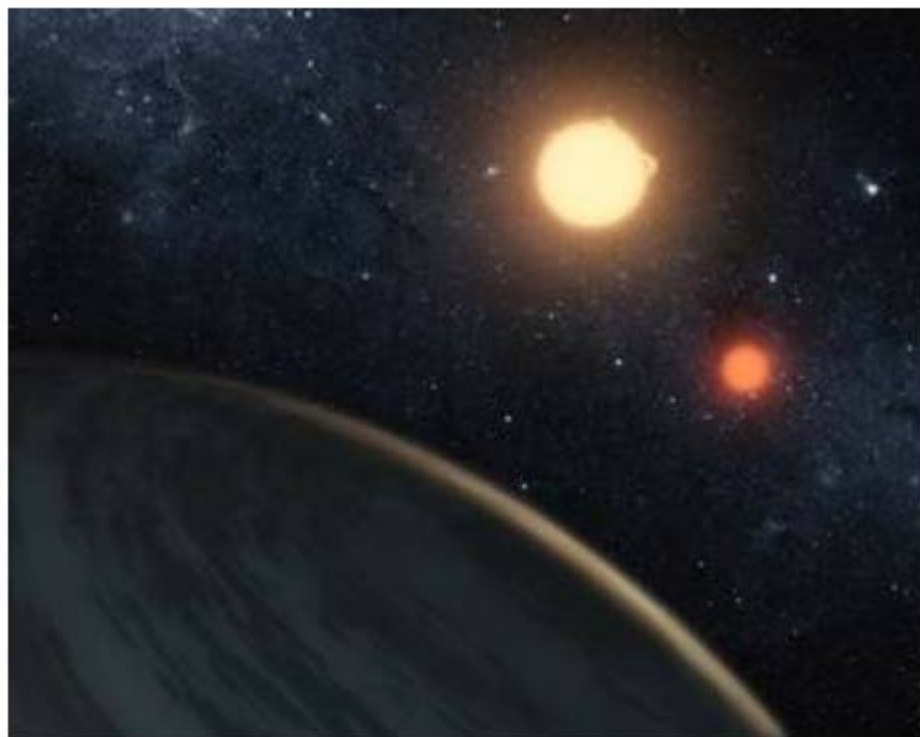
Duble stars



Planeta “Tatooine” do filme Star Wars – Kepler 16b

200 anos luz de distância da Terra.

O ano lá tem 229 dias terrestres (parecido com o de Venus)



This artist's concept illustrates Kepler-16b, the first planet known to definitively orbit two stars - what's called a circumbinary planet. The planet, which can be seen in the foreground, was discovered by NASA's Kepler mission.



8 exoplanetas descobertos similares a mundos do filme star wars!!!!

<https://www.inverse.com/article/15441-8-star-wars-worlds-are-basically-just-real-exoplanets>



PSR B1620-26 b
"The Methuselah Planet"
Approx. 13 billion years old



HD 189773b
Thought to constantly rain
glass, sideways

Strange Exoplanets



TrES-2b
Darkest known planet in
the observable universe



HAT-P-7b
Orbits its star backwards

Source: Scientific American

Proxima b (o exoplaneta mais próximo de nos e na zona habitável)



The Alpha Centauri Family



α Centauri A



α Centauri B



Proxima
Centauri

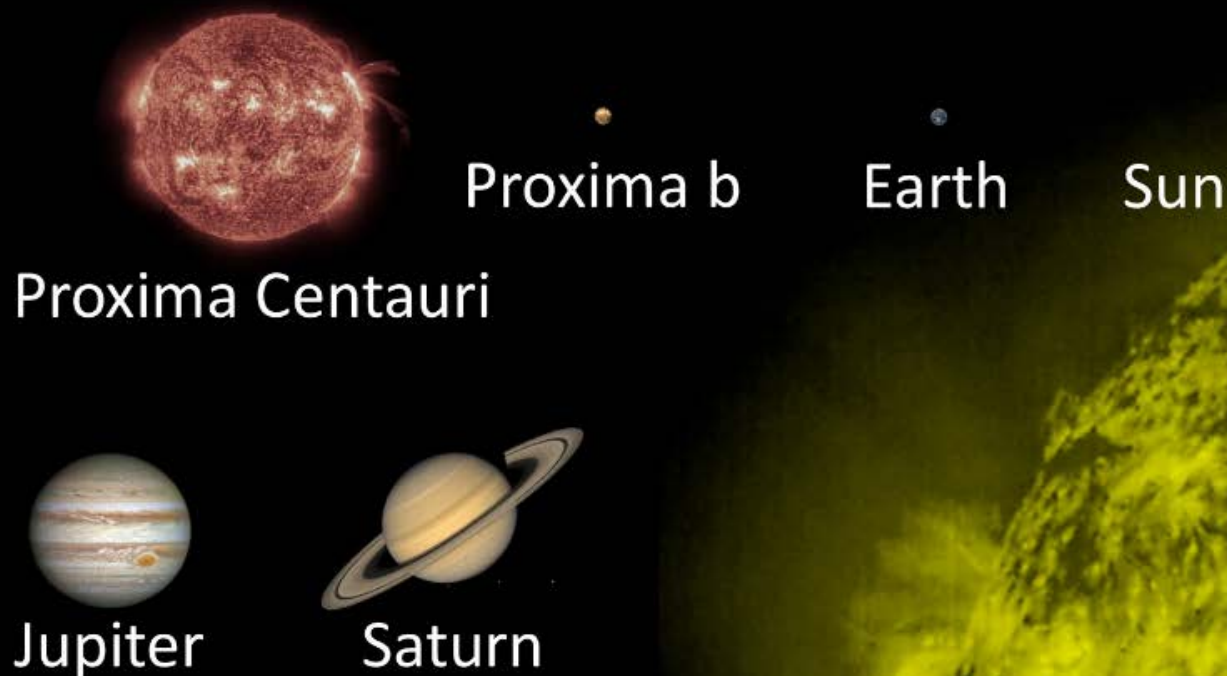


Sun

Credit: PHL @ UPR Arcibo

Figure 04. The Alpha Centauri family is composed of three stars. The G-star Alpha Centauri A and its K-star companion B orbit each other in a very eccentric orbit separated from 11 to 36 astronomical units (AU). Proxima Centauri is believed to be also bound to this system, but at a distance of 15,000 AU. Our G-star Sun is shown for scale. The color of the stars were adjusted to approximately imitate the human eye perception. Credit: PHL @ UPR Arcibo.

Size Comparison of Proxima Centauri



Credit: PHL @ UPR Arcibo, NASA

Figure 03. Size comparison of the red-dwarf star Proxima Centauri and its planet Proxima b with some Solar System bodies, including Earth, Jupiter, Saturn, and the Sun. The color of Proxima Centauri and the Sun were enhanced. Credit: PHL @ UPR Arcibo.

Earth



Proxima b



CREDIT: PHL @ UPR Arcibo

Figure 05. Simulated comparison of a sunset on Earth and Proxima b. The red-dwarf star Proxima Centauri appears almost three times bigger than the Sun in a redder and darker sky. Red-dwarf stars appear bigger in the sky than sun-like stars, even though they are smaller. This is because they are cooler and the planets have to be closer to them to maintain temperate conditions. The original photo of the beach was taken at [Playa Puerto Nuevo in Vega Baja, Puerto Rico](#). Credit: PHL @ UPR Arcibo.

Cor do céu em
outros planetas!!!

Planeta do Barney?



Planetas da Barbie?



MERCÚRIO

VÊNUS

TERRA

MARTE

JÚPITER

SATURNO

URANO

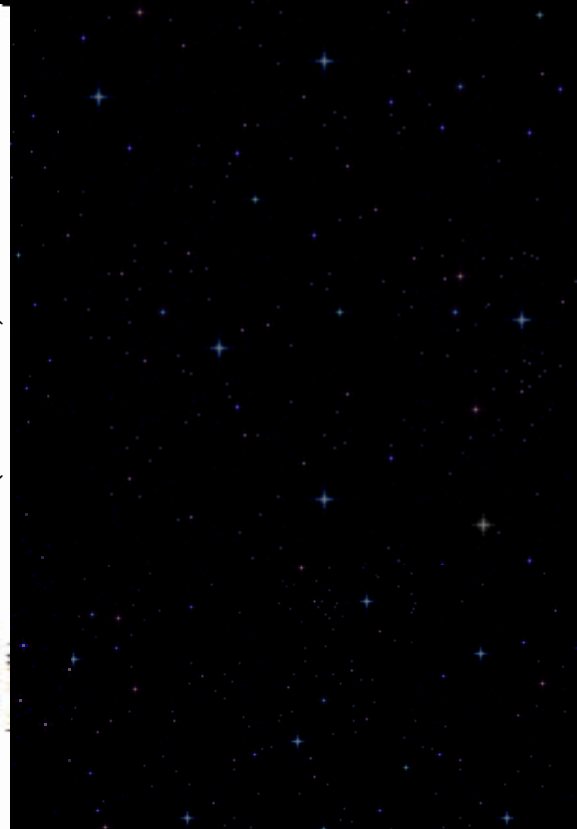
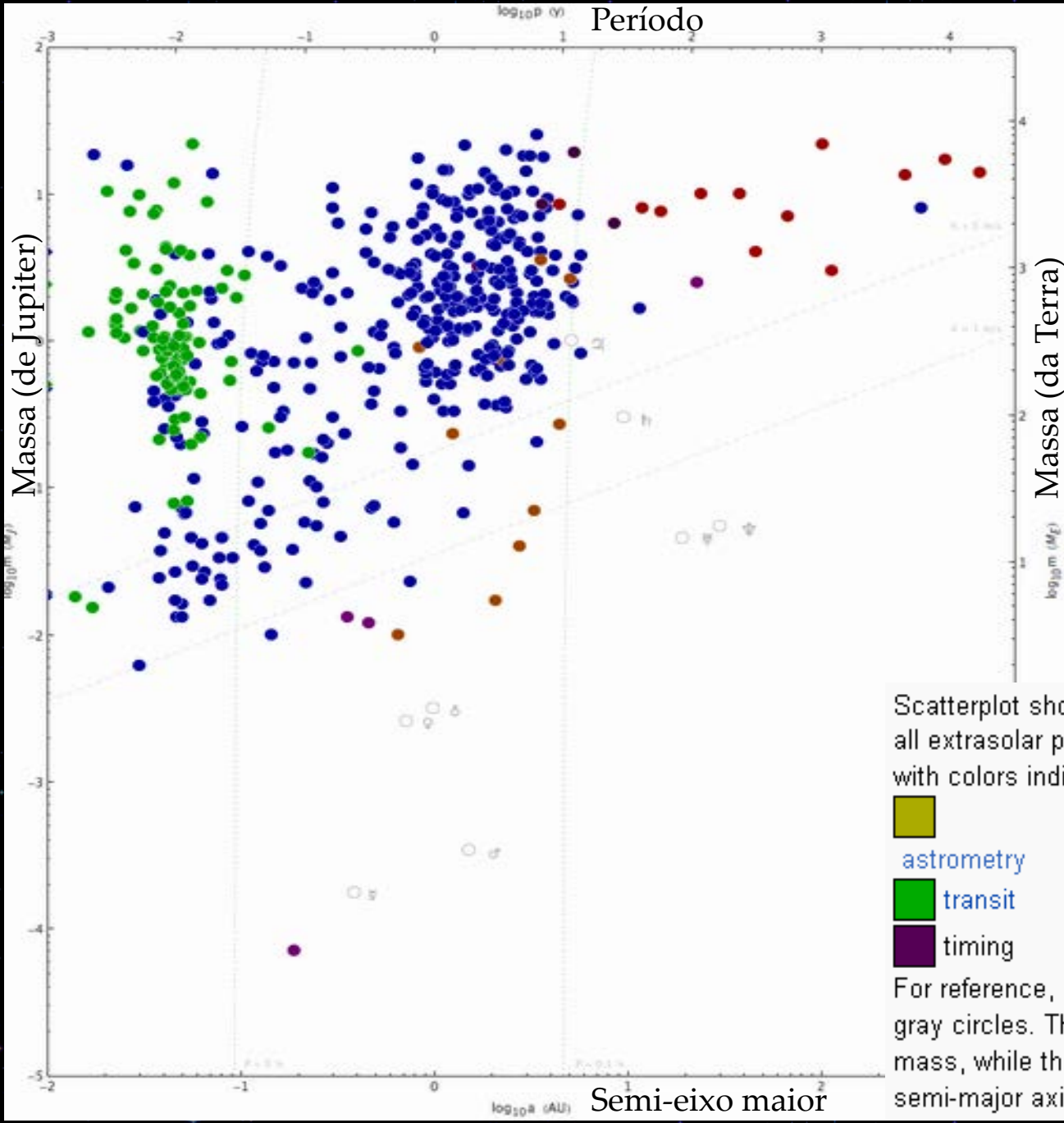
NETUNO

GJ 504 b⁺

HAT-P-11b⁺

* exoplanetas

<http://mundoestranho.abril.com.br/ciencia/como-e-o-ceu-em-outros-planetas/>



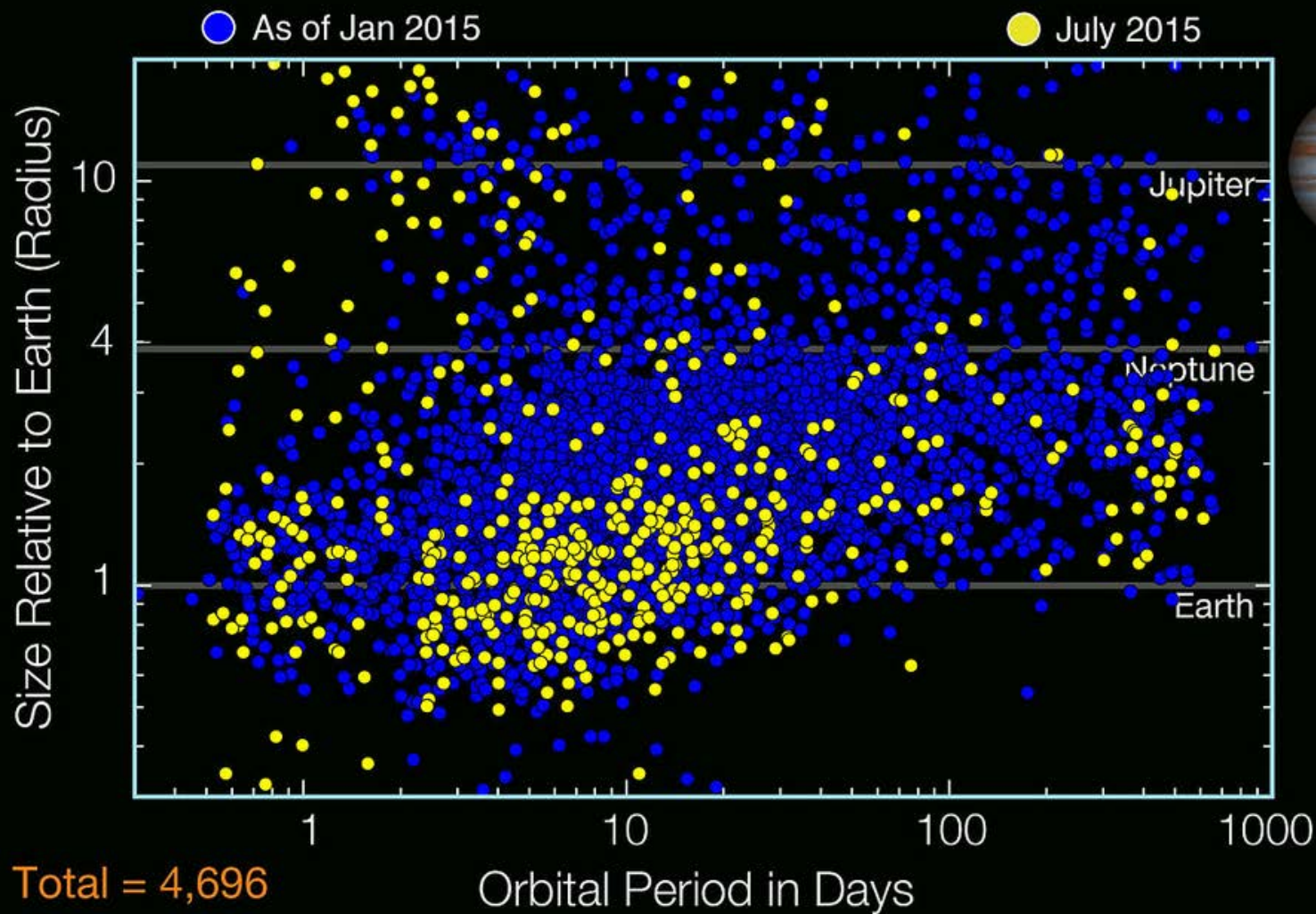
Scatterplot showing masses and orbital periods of all extrasolar planets discovered through 2010-10-03, with colors indicating method of detection:

- | | | |
|--|---|---|
| ■ astrometry | ■ direct | ■ radial velocity |
| ■ transit | ■ imaging | ■ pulsar |
| ■ timing | ■ microlensing | ■ timing |

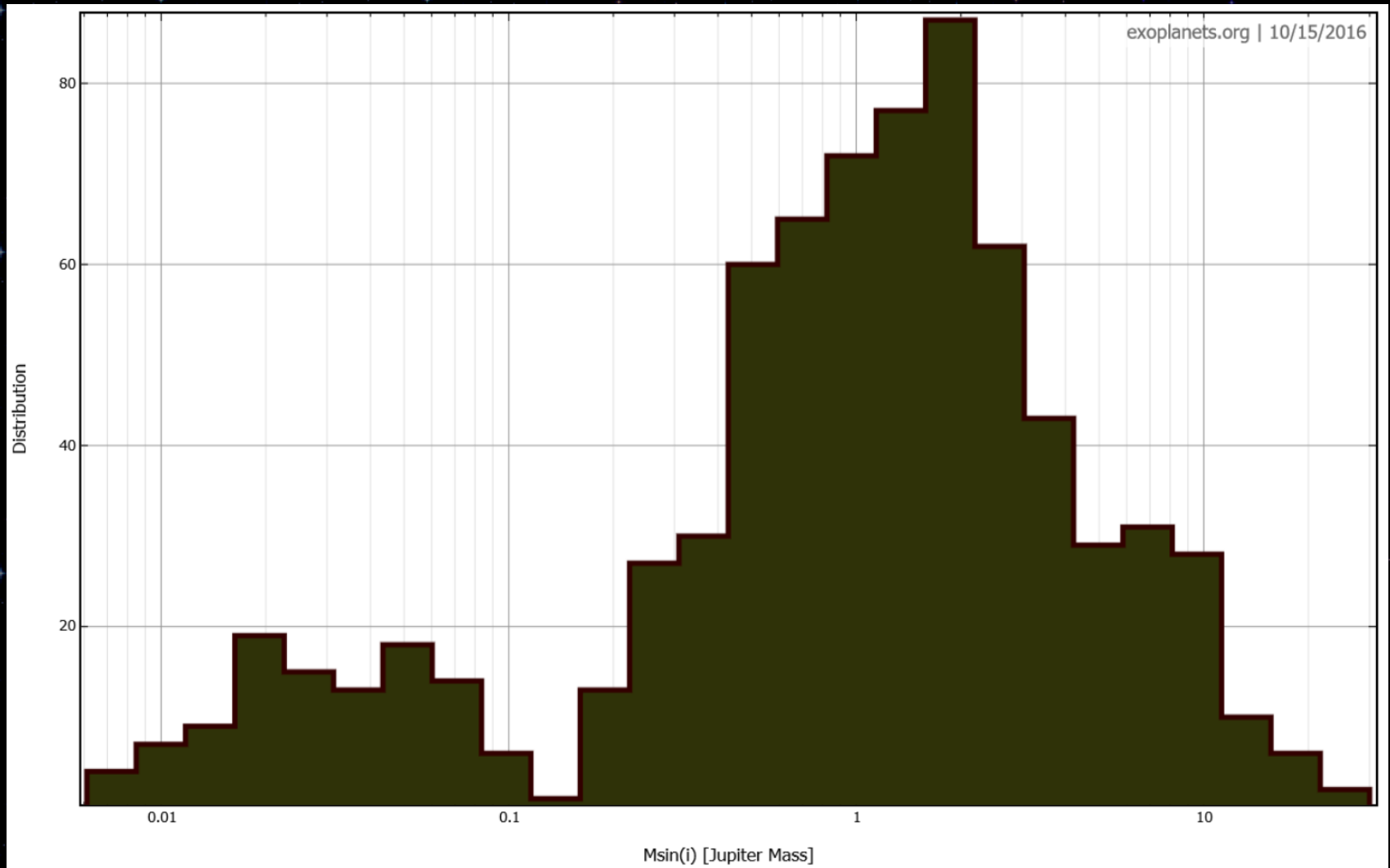
For reference, Solar System planets are marked as gray circles. The horizontal axis plots the log of the mass, while the vertical axis plots the log of the semi-major axis.

New Kepler Planet Candidates

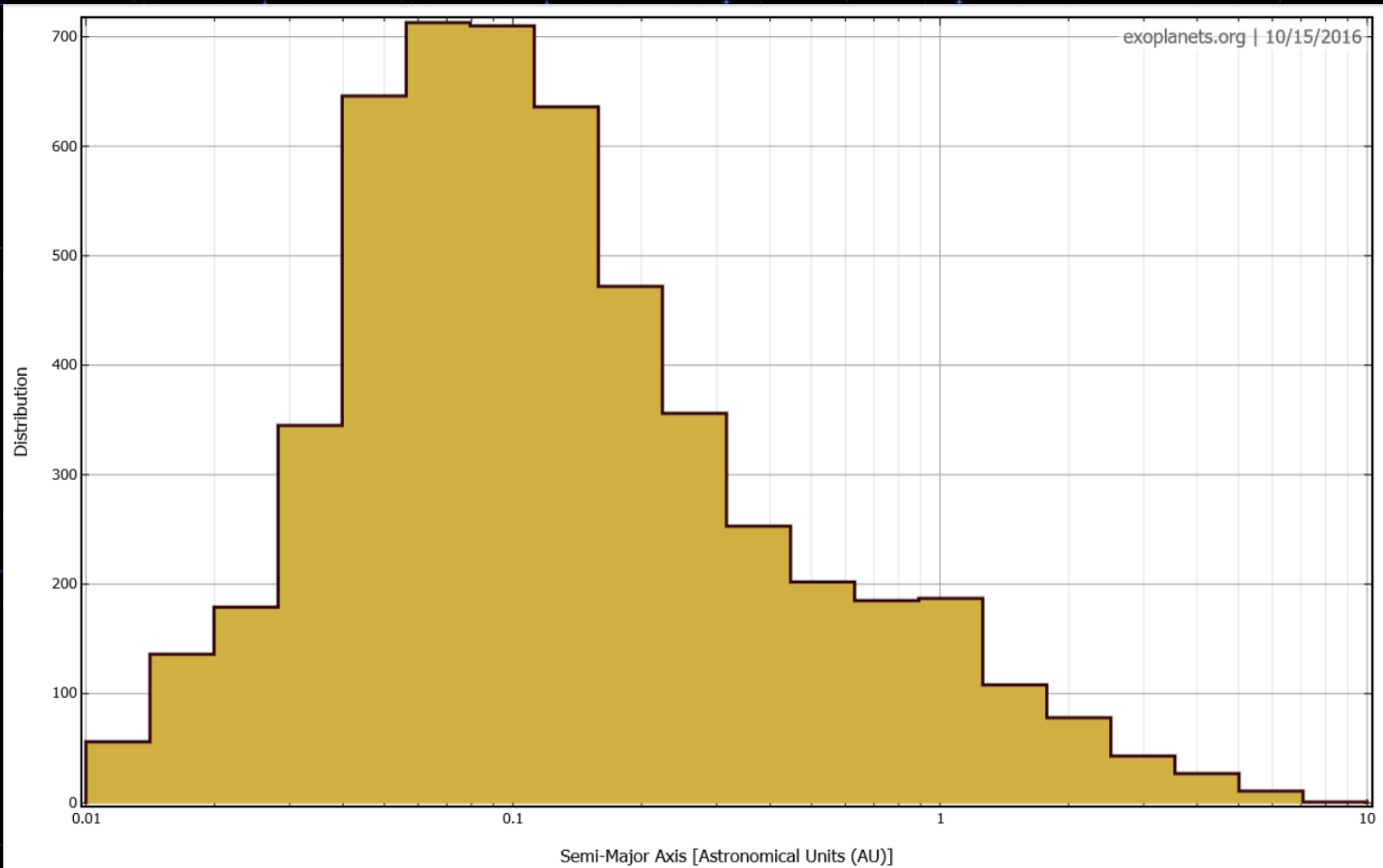
As of July 23, 2015

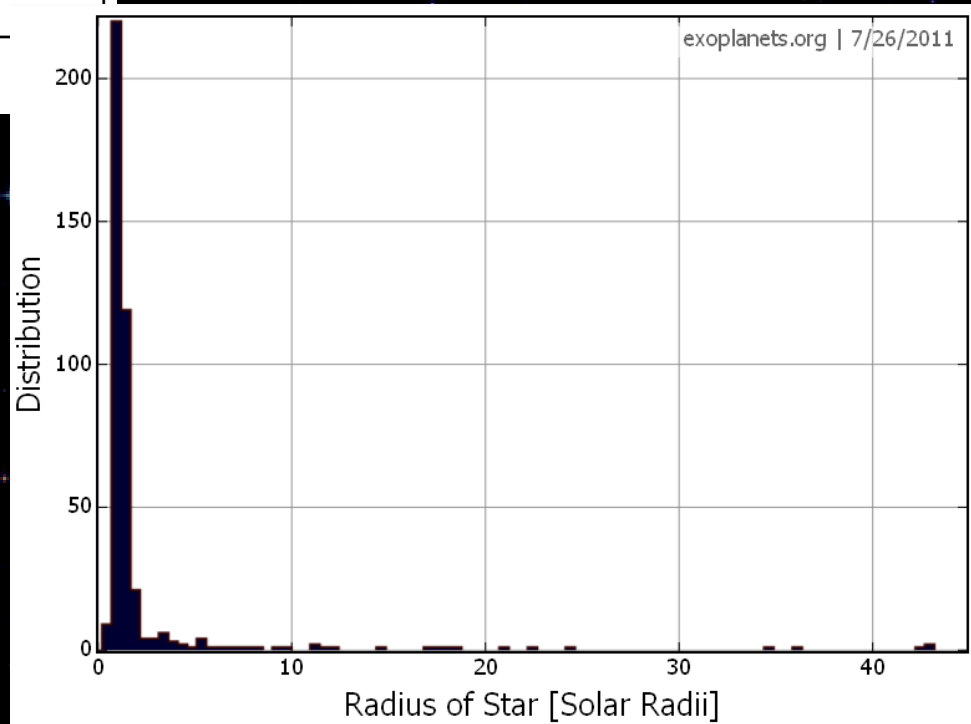
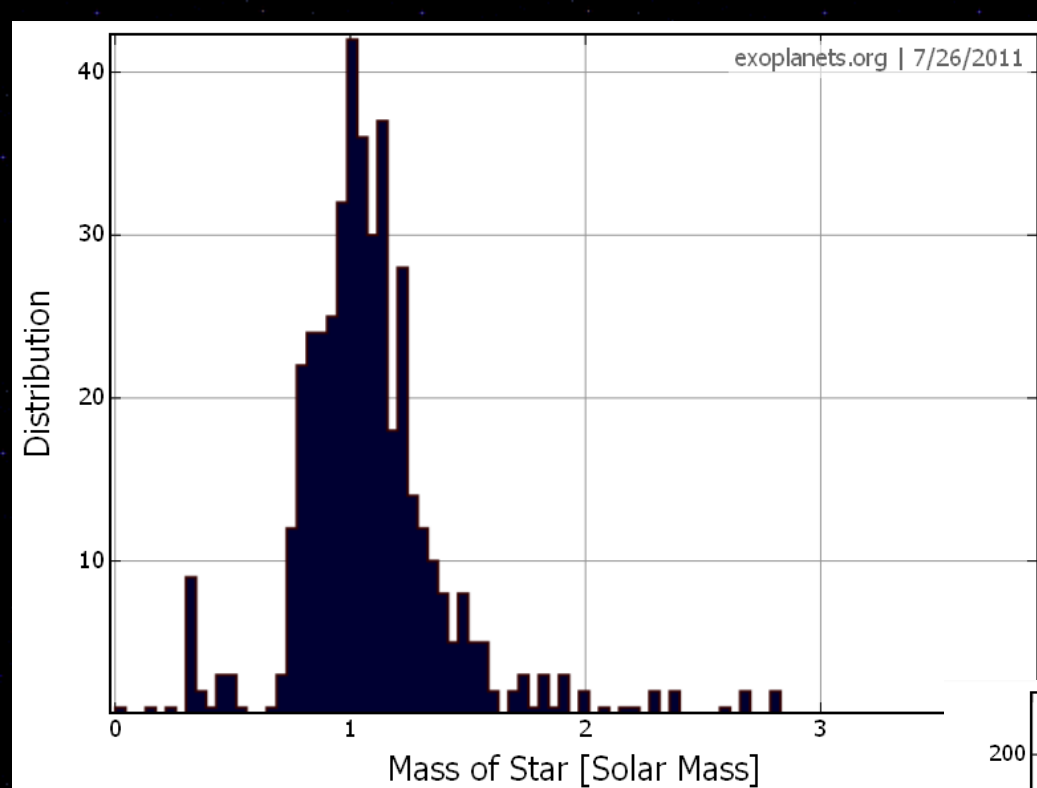


Distribuição de massa dos exoplanetas

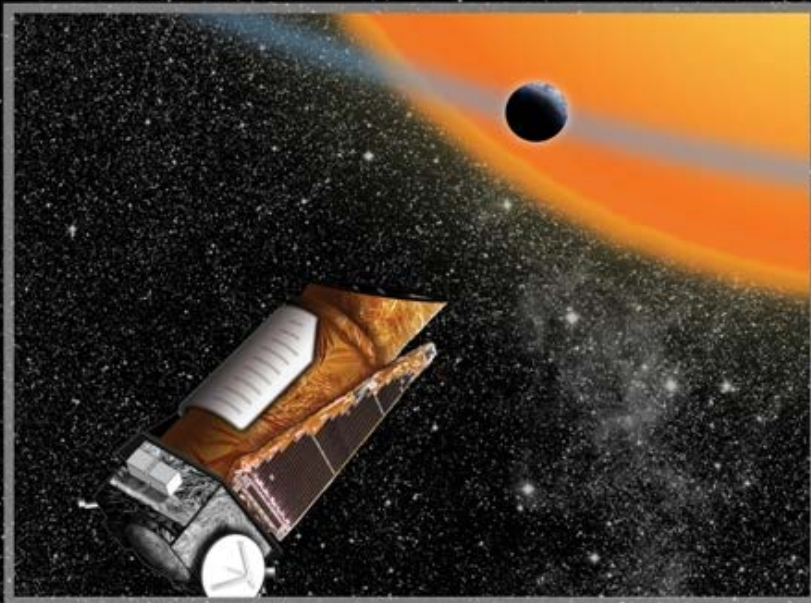


Distância à estrela



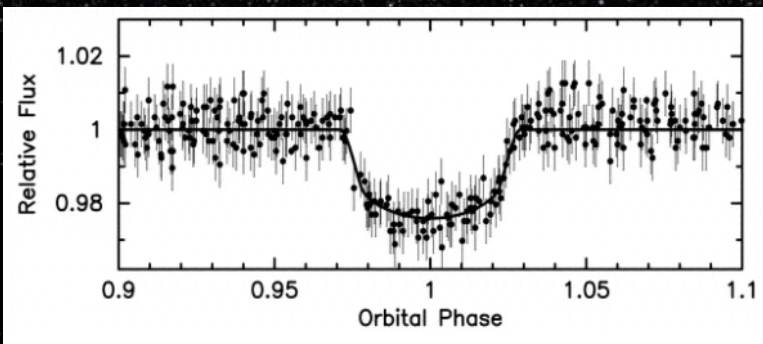
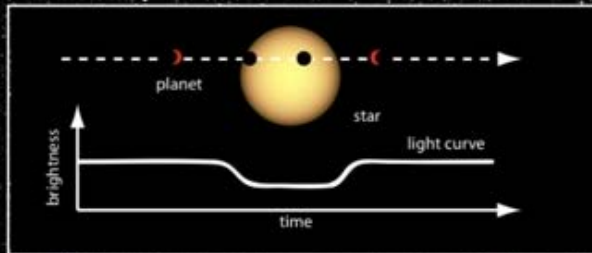
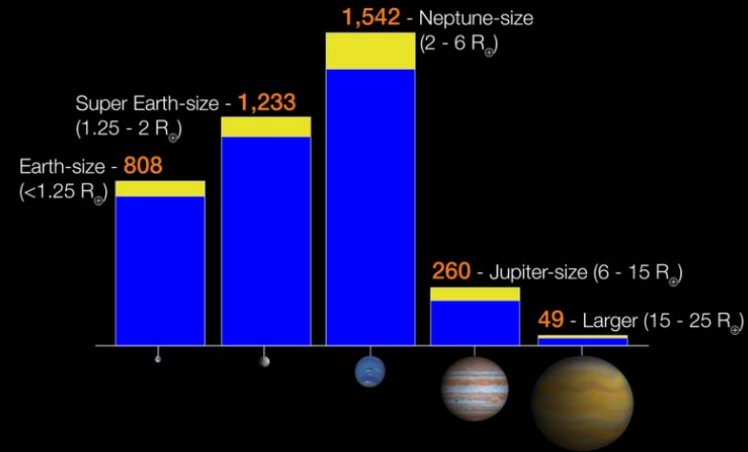


B) Técnicas de Detecção: Trânsito planetário.

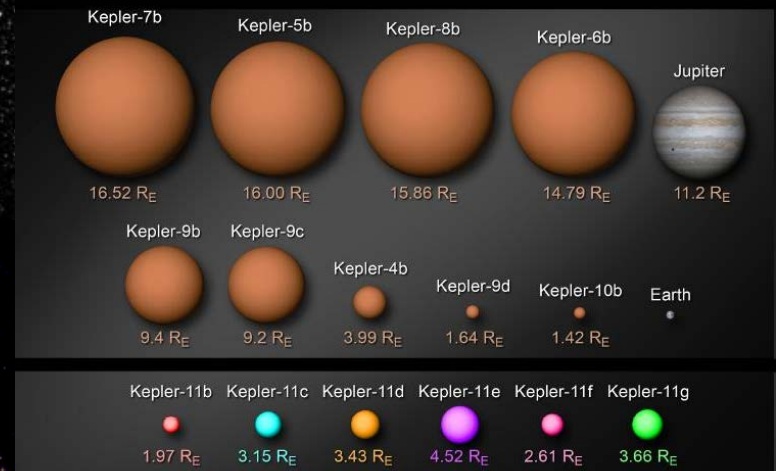


Sizes of Kepler Planet Candidates

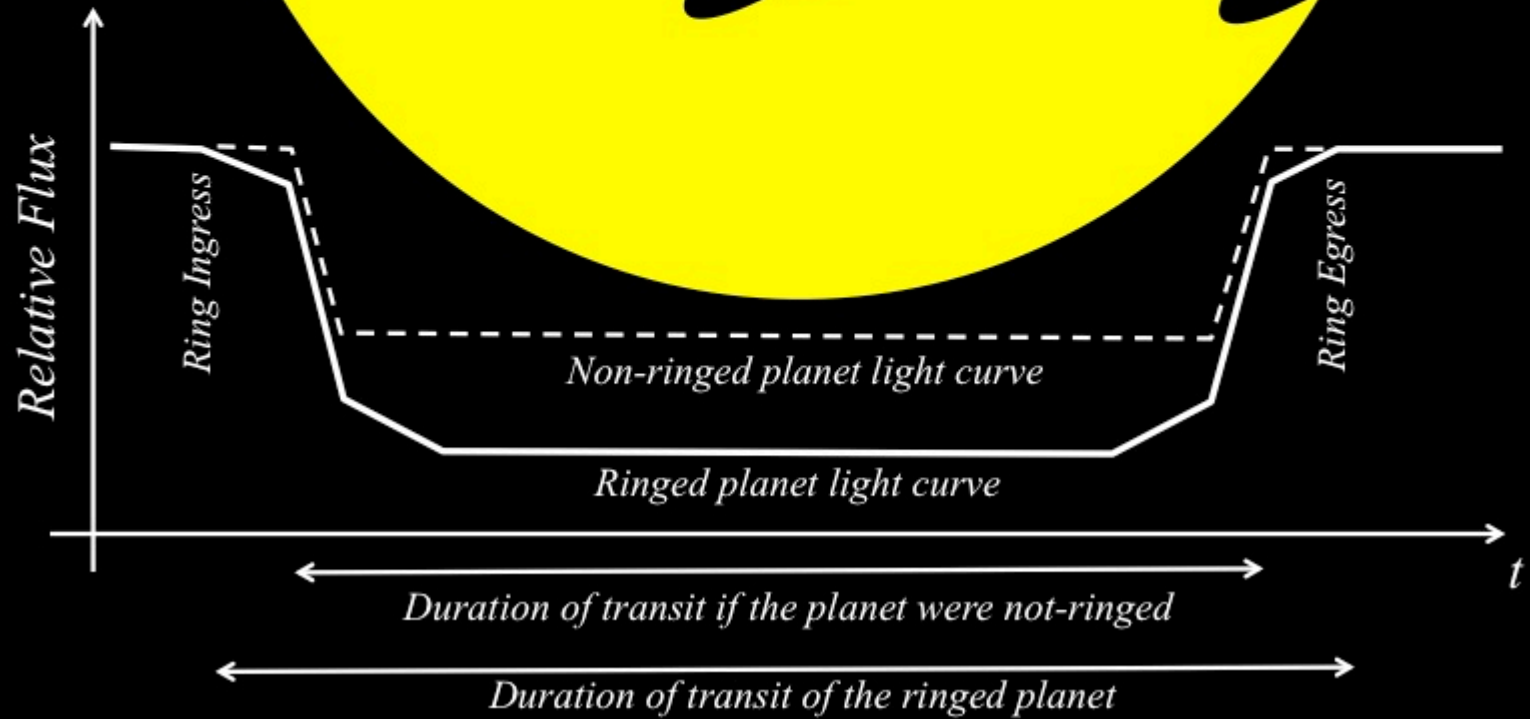
Based on Four Years of Kepler Data



Planet Sizes

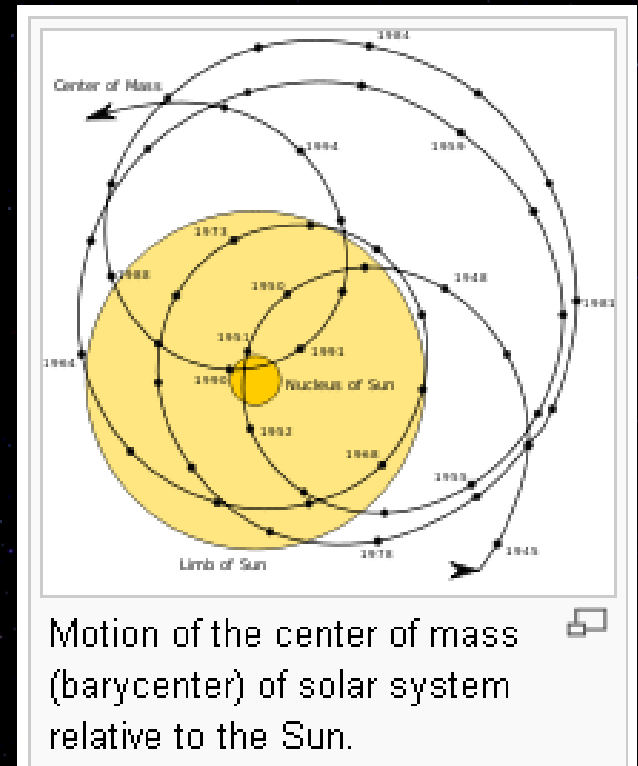
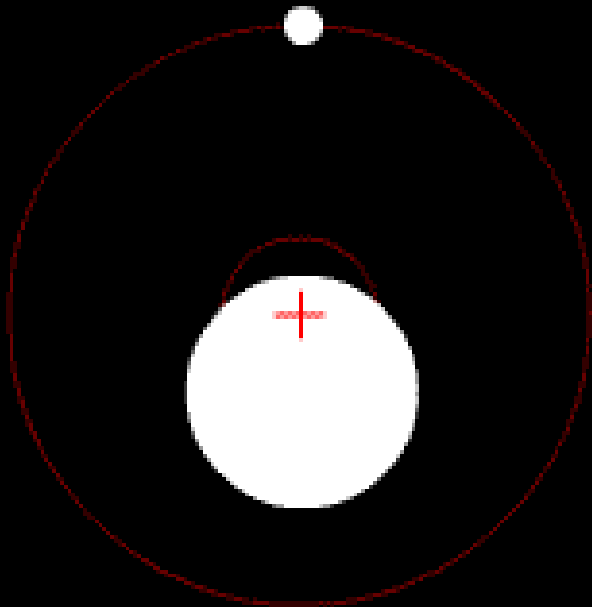


Zuluaga et al. (2015)

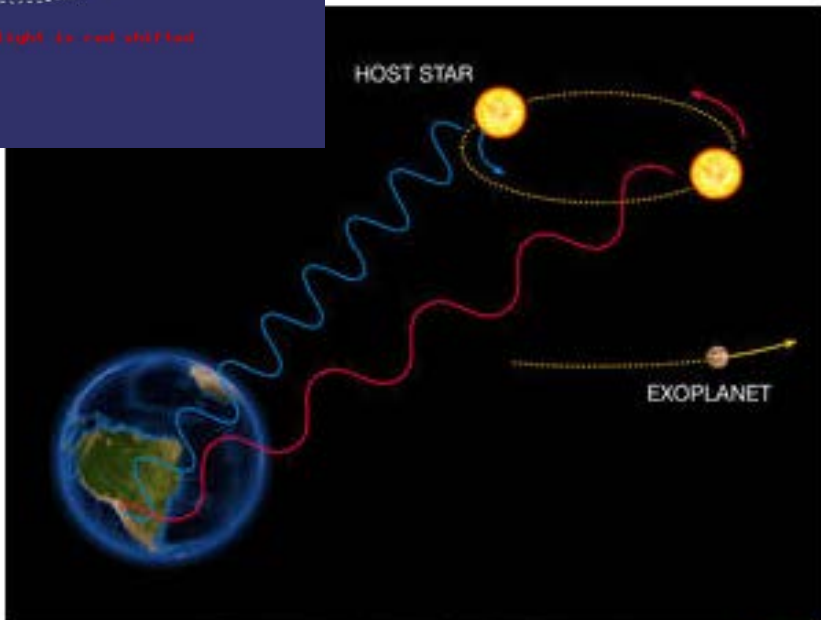
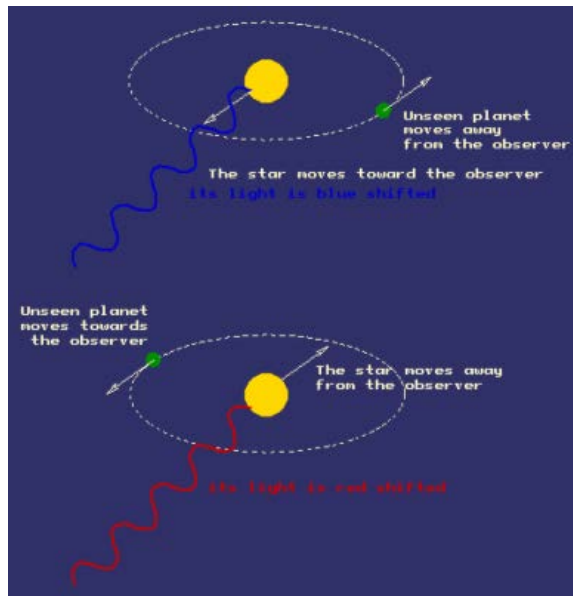


Técnicas: Astrometria.

A astrometria consiste no método mais antigo para a busca de exoplanetas, usado pela primeira vez em 1943. Uma certa quantidade de estrelas candidatas foram encontradas desde então, mas não houve confirmação em nenhum desses casos, e muitos astrônomos desistiram desse método diante de outros mais bem-sucedidos. O método envolve a medição do movimento próprio da estrela em busca dos efeitos causados por seus planetas. O primeiro exoplaneta detectado por essa técnica aconteceu em 2008.



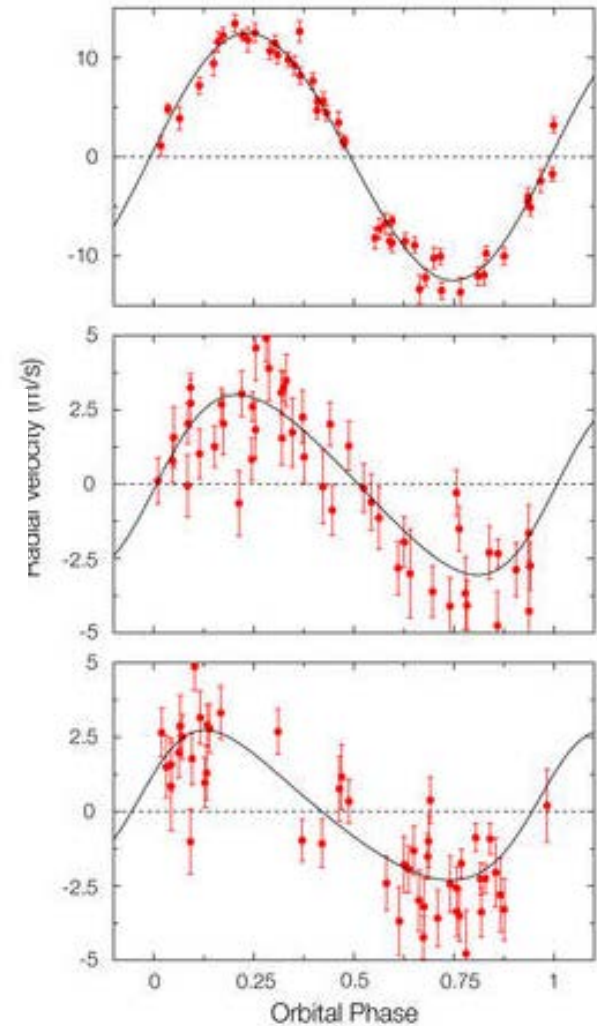
Técnicas: Velocidade Radial (efeito Doppler).



The Radial Velocity Method

ESO Press Photo 22a/07 (25 April 2007)

This image is copyright © ESO. It is forbidden to reproduce, with or without graphic alterations, any part of the content of this publication for purposes not related to the promotion of the ESO project.



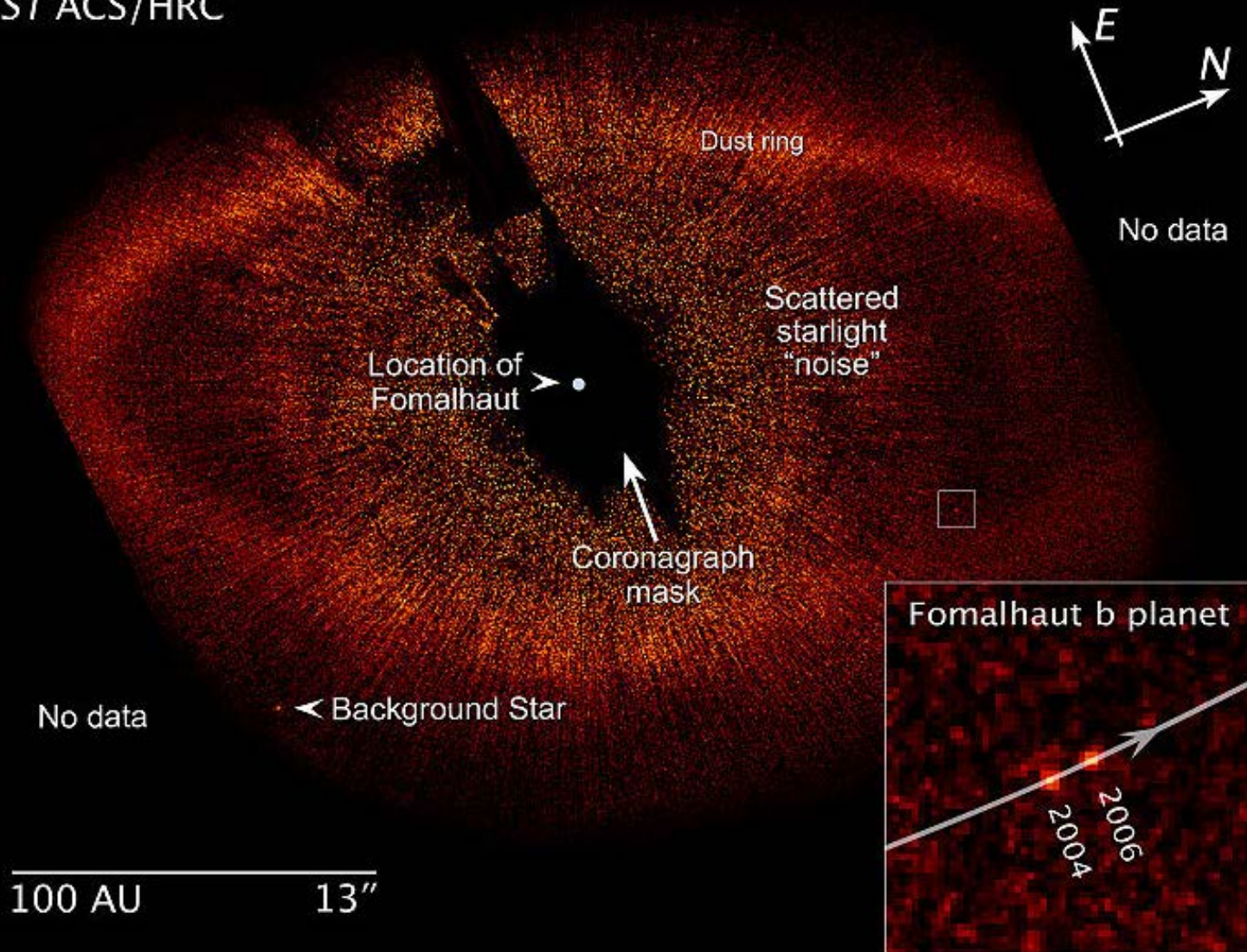
Observed Velocity Variation of Gliese 581

ESO Press Photo 22d/07 (25 April 2007)

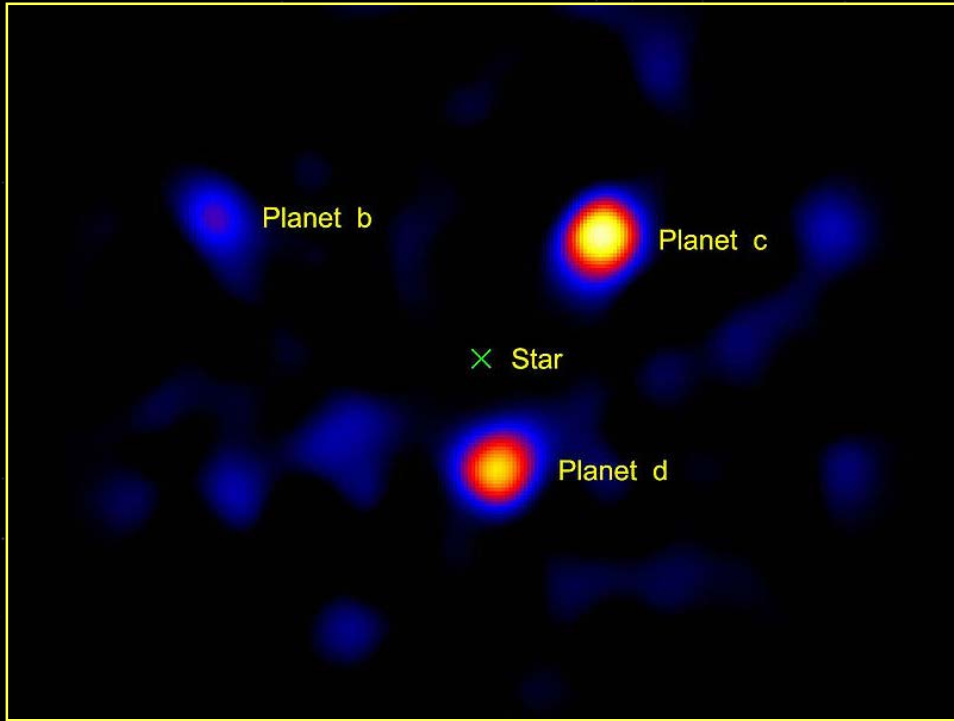


Técnicas: Imageamento direto.

Fomalhaut
HST ACS/HRC

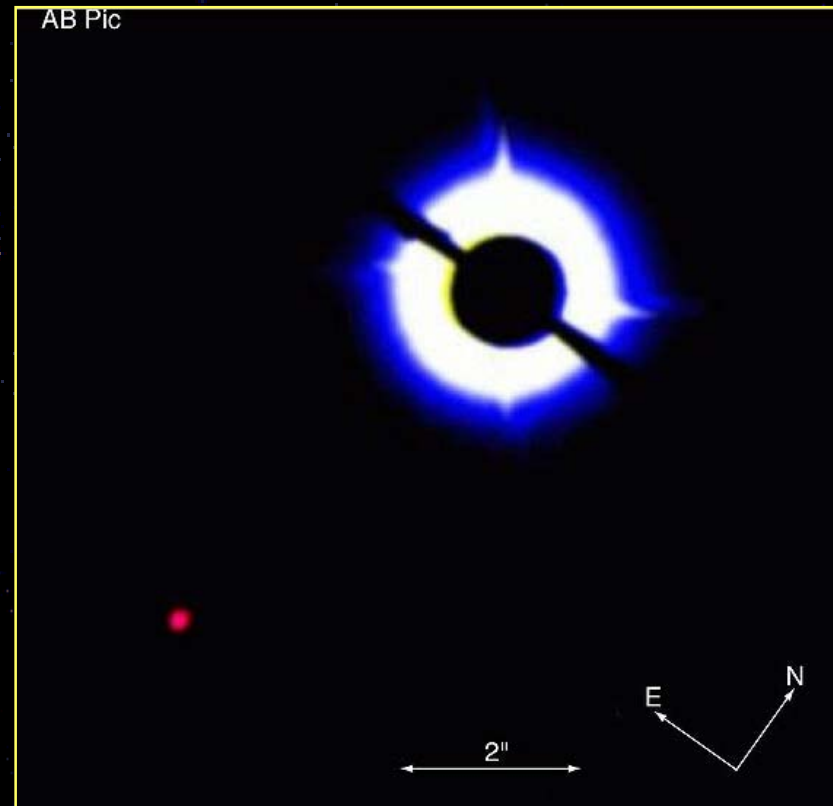


Formalhaout b, o primeiro exoplaneta com imagem no ótico.



The three planets, called HR8799b, c and d, are thought to be gas giants like Jupiter, but more massive. They orbit their host star at roughly 24, 38 and 68 times the distance between our Earth and sun, respectively (Jupiter resides at about 5 times the Earth-sun distance).

Image of AB Pictoris showing its tiny companion (bottom left). The data was obtained on 16 March 2003. ESO.



Técnicas: Microlente gravitacional.

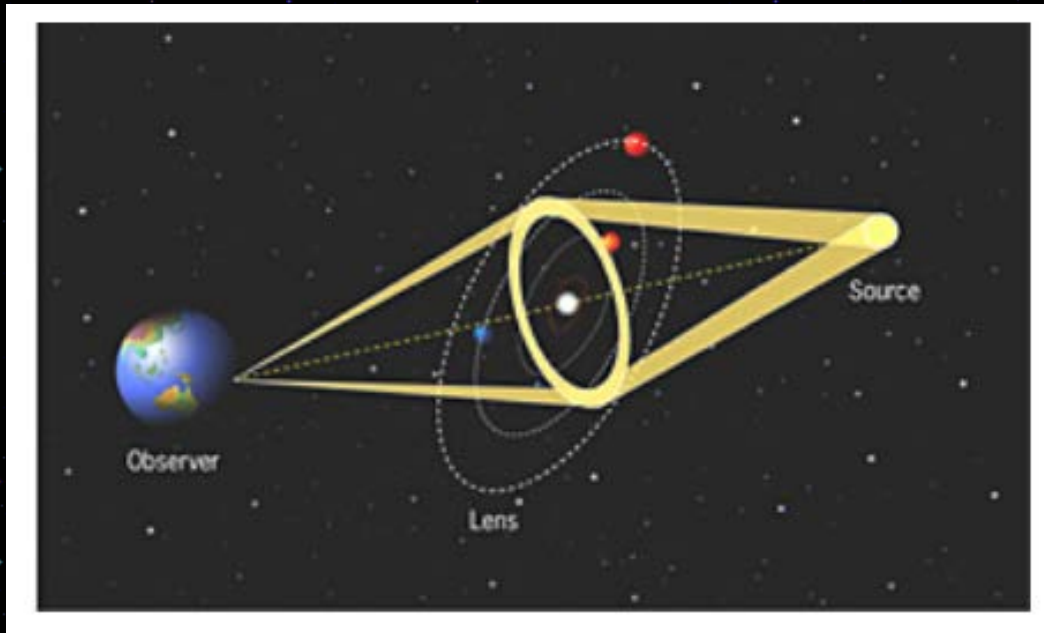


Figura 7: Efeito de microlente gravitacional causado por um sistema planetário. Fonte: site do projeto MOA.

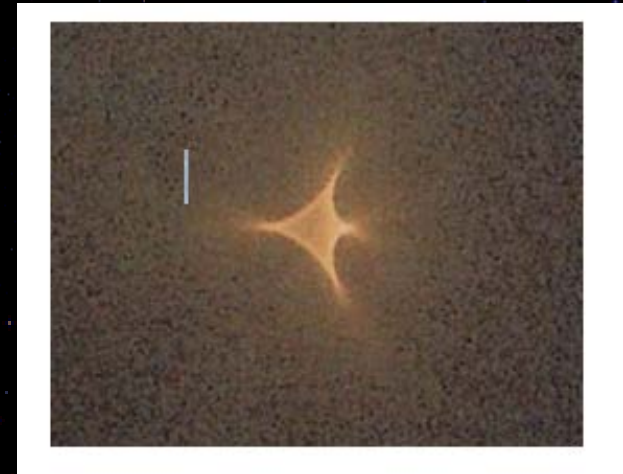
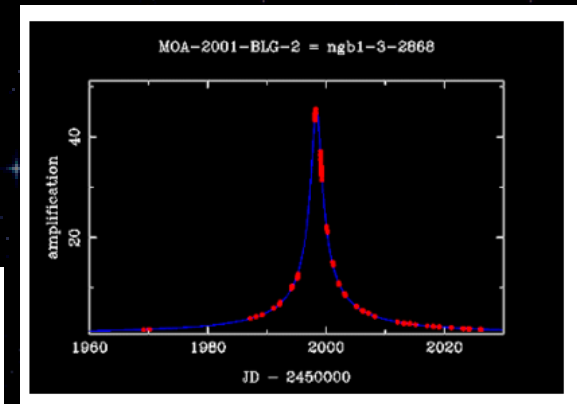


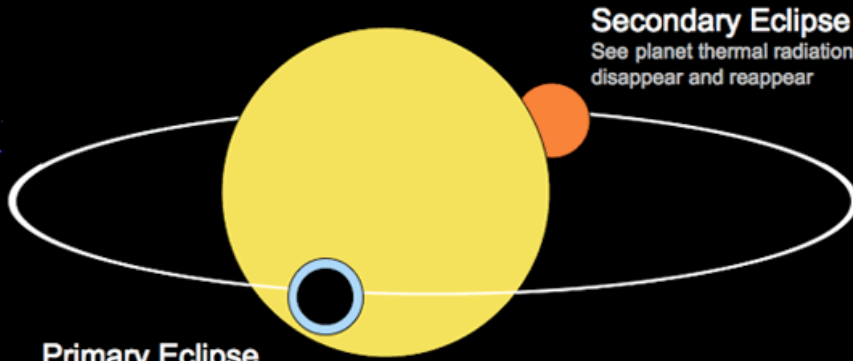
Figura 8: distorção da luz causada pelo efeito de microlente gravitacional binária. Fonte: site do projeto MOA (Microlensing Observations in Astrophysics)

Figura 9: microlente gravitacional causada por um sistema planetário no objeto MOA 2001-BLG-02. Fonte: site projeto MOA (dias Julianos).



As microlentes gravitacionais permitem descobrir planetas de baixa massa (i.e. telúricos), uma grande vantagem sobre outros métodos de detecção de planetas.

Atmosferas de Exoplanetas

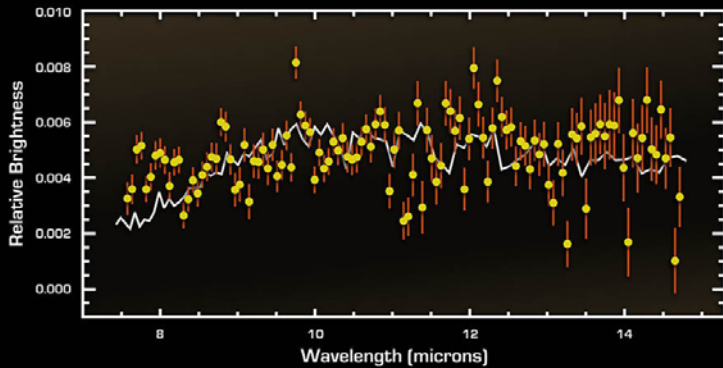


Secondary Eclipse
See planet thermal radiation disappear and reappear

Primary Eclipse
Measure size of planet
See star's radiation transmitted through the planet atmosphere

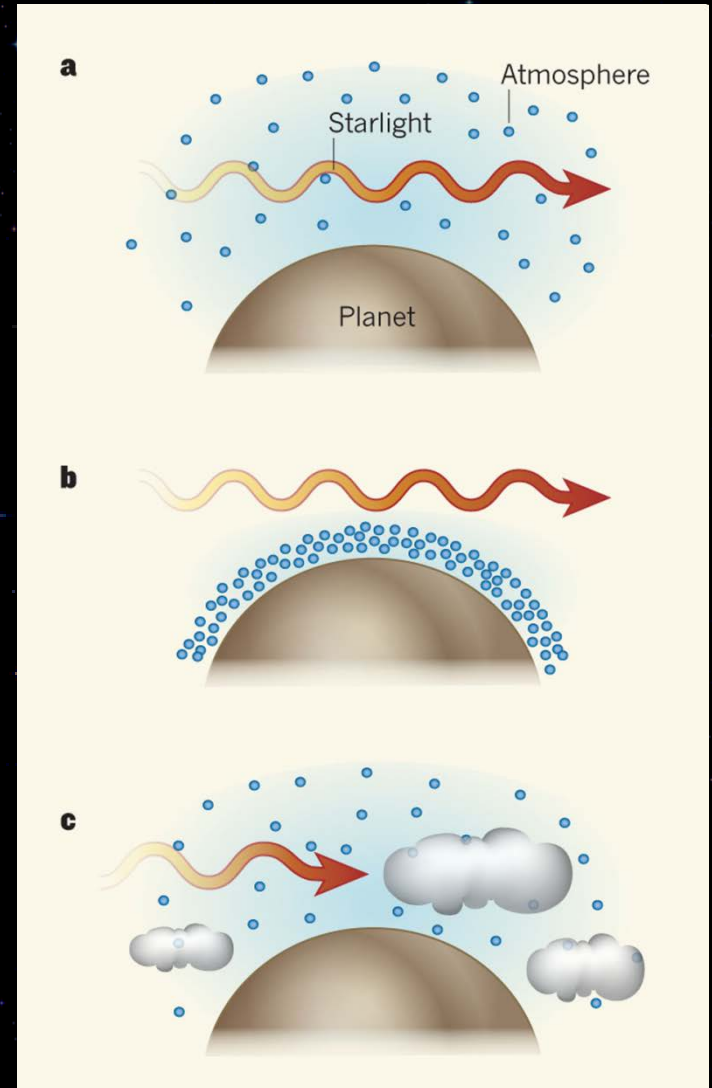
Learn about atmospheric circulation from thermal phase curves

Figure by S. Seager



Infrared Spectrum of HD 189733b
NASA / JPL-Caltech / C. J. Grillmair (SSC/Caltech)

Spitzer Space Telescope • IRS
ssc2007-04c



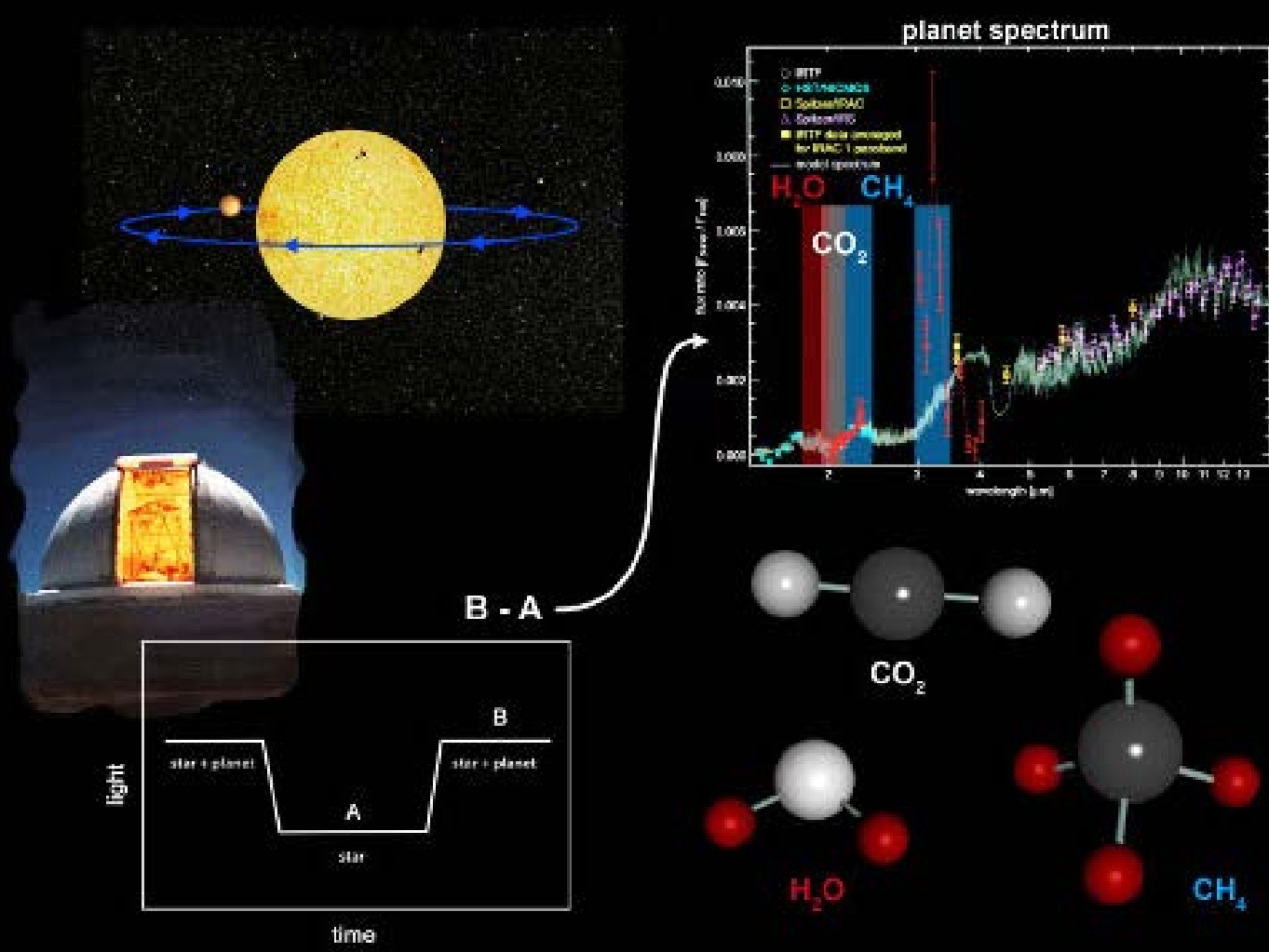
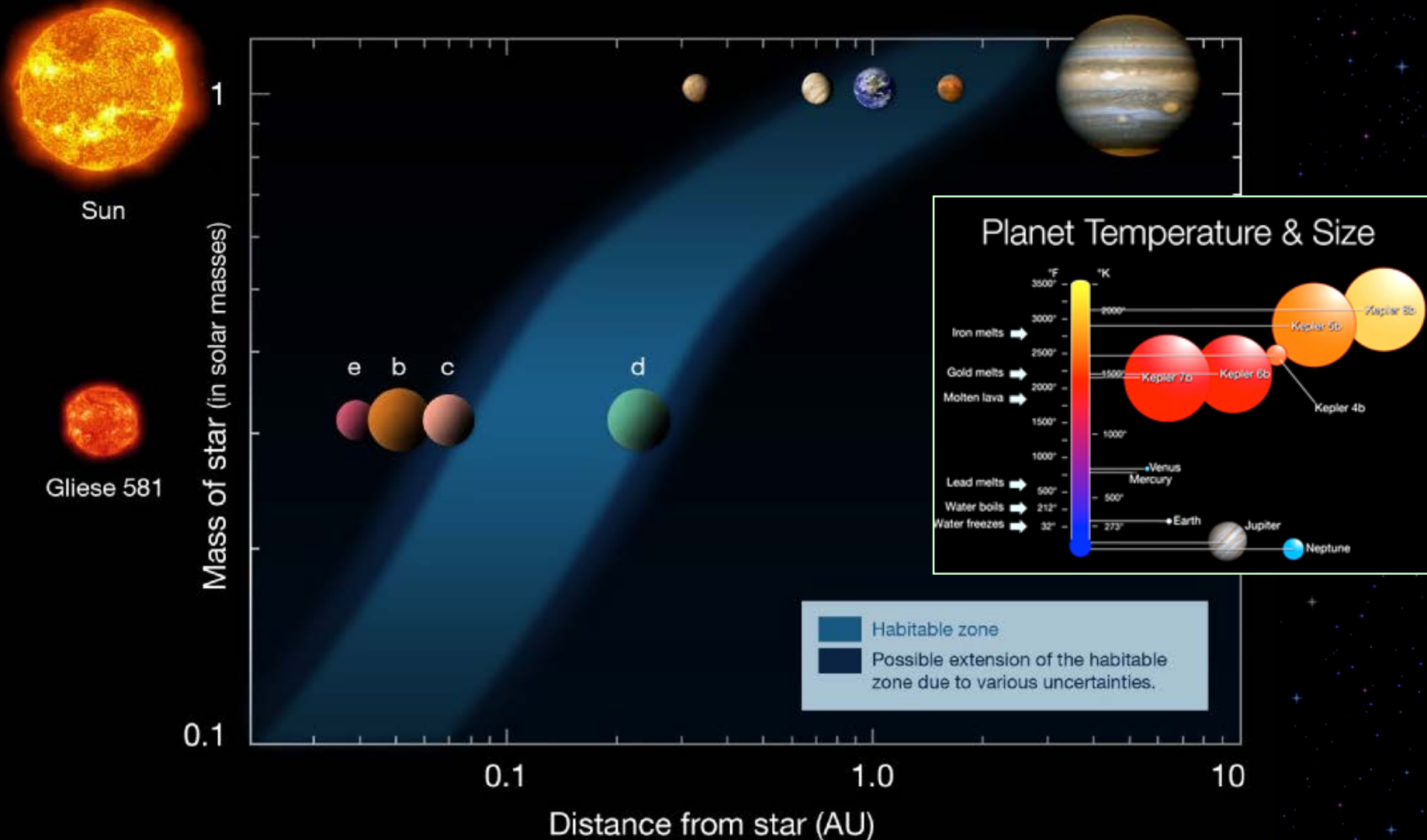


Image: To detect the chemicals in the atmospheres, astronomers measure light from the star system as its planet, which is lined up edge-on from our point of view, orbits around. The total light is measured (B in the chart at lower left), and then, when the planet disappears behind the star, the light of the star alone is measured (A). By subtracting A from B, you get light from just the planet. A breakdown of this light into its basic wavelength components is then plotted out to reveal the “fingerprints” of chemicals. These data, shown at upper right, are called a spectrum. The molecular drawings at lower right show the three molecules identified so far in the planet HD 189733b — water, carbon dioxide and methane. Credit: NASA/JPL-Caltech.

C) Zonas de Habitabilidades

- Zona de Habitabilidade Planetária



Potentially Habitable Exoplanets

Ranked by the Earth Similarity Index (ESI)



Artistic representations. Earth, Mars, Jupiter, and Neptune for scale. ESI is a measure of how similar is a planet to the size and stellar flux of Earth, value is between brackets. Planet candidates indicated with asterisks.

CREDIT: PHL @ UPR Arcibo (phl.upr.edu) August 24, 2016

Figure 08. Artistic representations of the top 10 potentially habitable worlds in the Habitable Exoplanets Catalog, now including Proxima b. They are sorted in this image by the Earth Similarity Index (ESI), a measure of how similar a planet is in size (given by radius or mass) and stellar flux (insolation) to Earth. Planetary habitability depends on many factors and it is not known if planets with a similar size and insolation as Earth are generally habitable. Earth, Mars, Jupiter, and Neptune for scale. Planet candidates indicated with asterisks. Credit: PHL @ UPR Arcibo.

Location of the Stars with Potentially Habitable Exoplanets

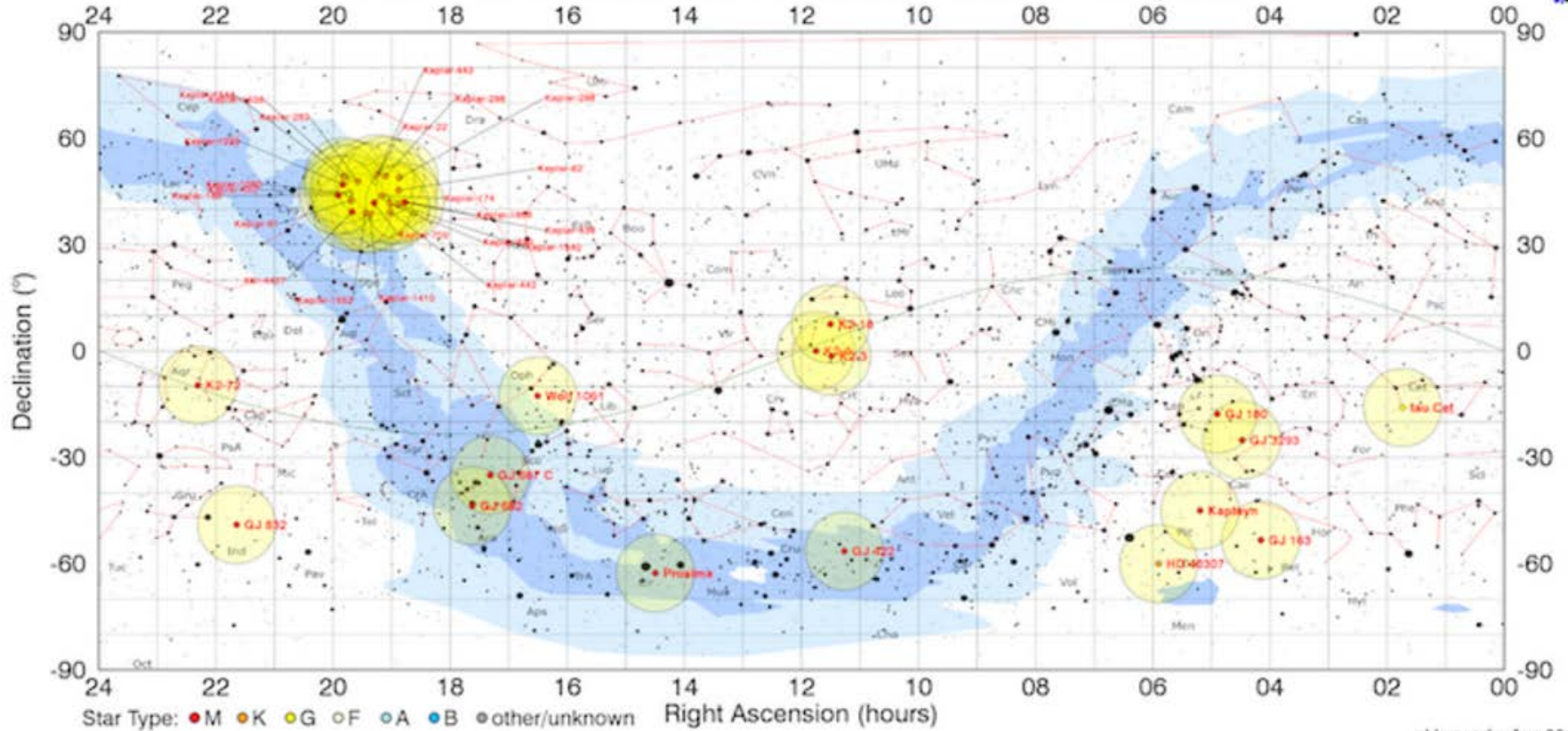


Figure 12. Sky map with all the stars with known potentially habitable planets (yellow circles). The star Proxima Centauri is close to the center bottom of the figure. Click image to enlarge. Credit: PHL @ UPR Arcibo, [Jim Cornnell](#).

- Zona de Habitabilidade Planetária de acordo com a massa da estrela.

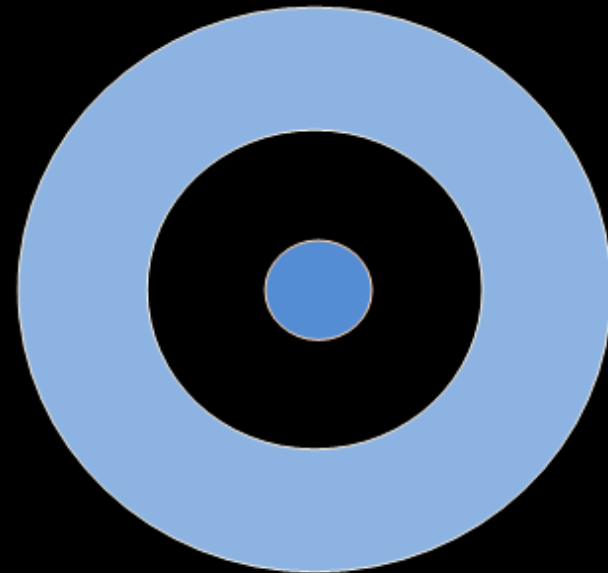
Estrela tipo Anã Vermelha
Duração ~ trilhões de anos



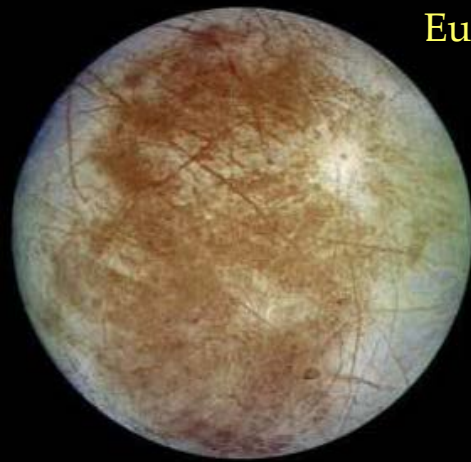
Estrela tipo Sol
Duração ~10 bilhões de anos



Estrela tipo Gigante Azul
Duração ~10 milhões de anos



-Zona de Habitabilidade em torno de Planetas Gigantes
(Energia devido a efeito Maré e Energia interna de luas
(elementos radiativos))



Europa (Jupiter)



Io (Jupiter)

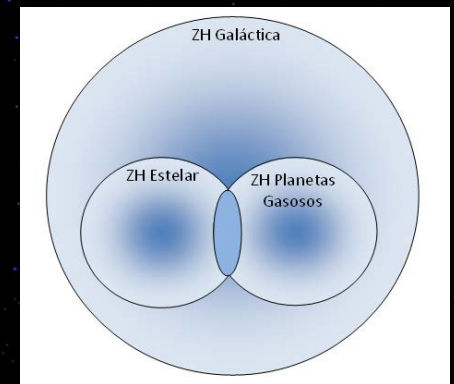
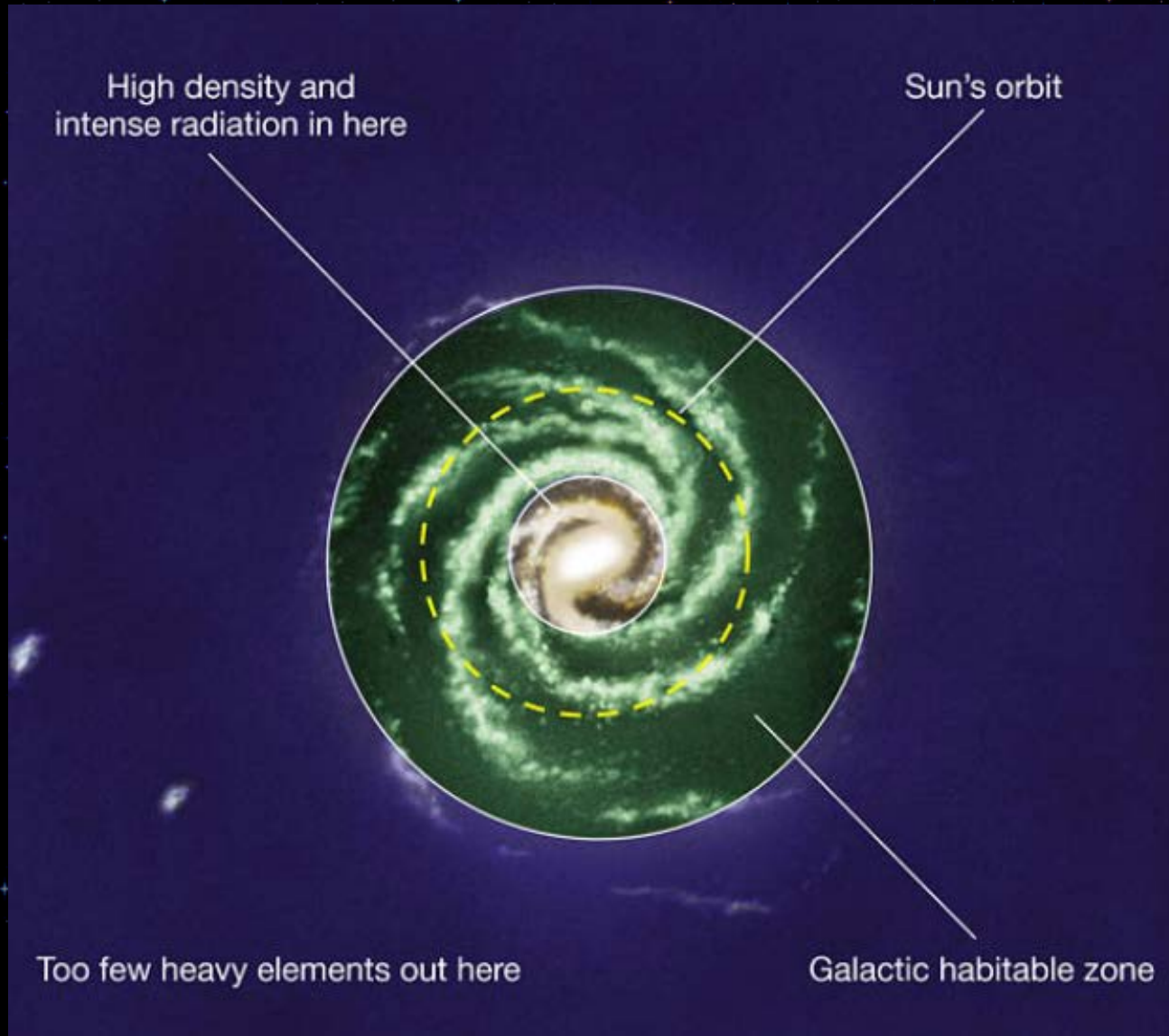


Titã (Saturno)



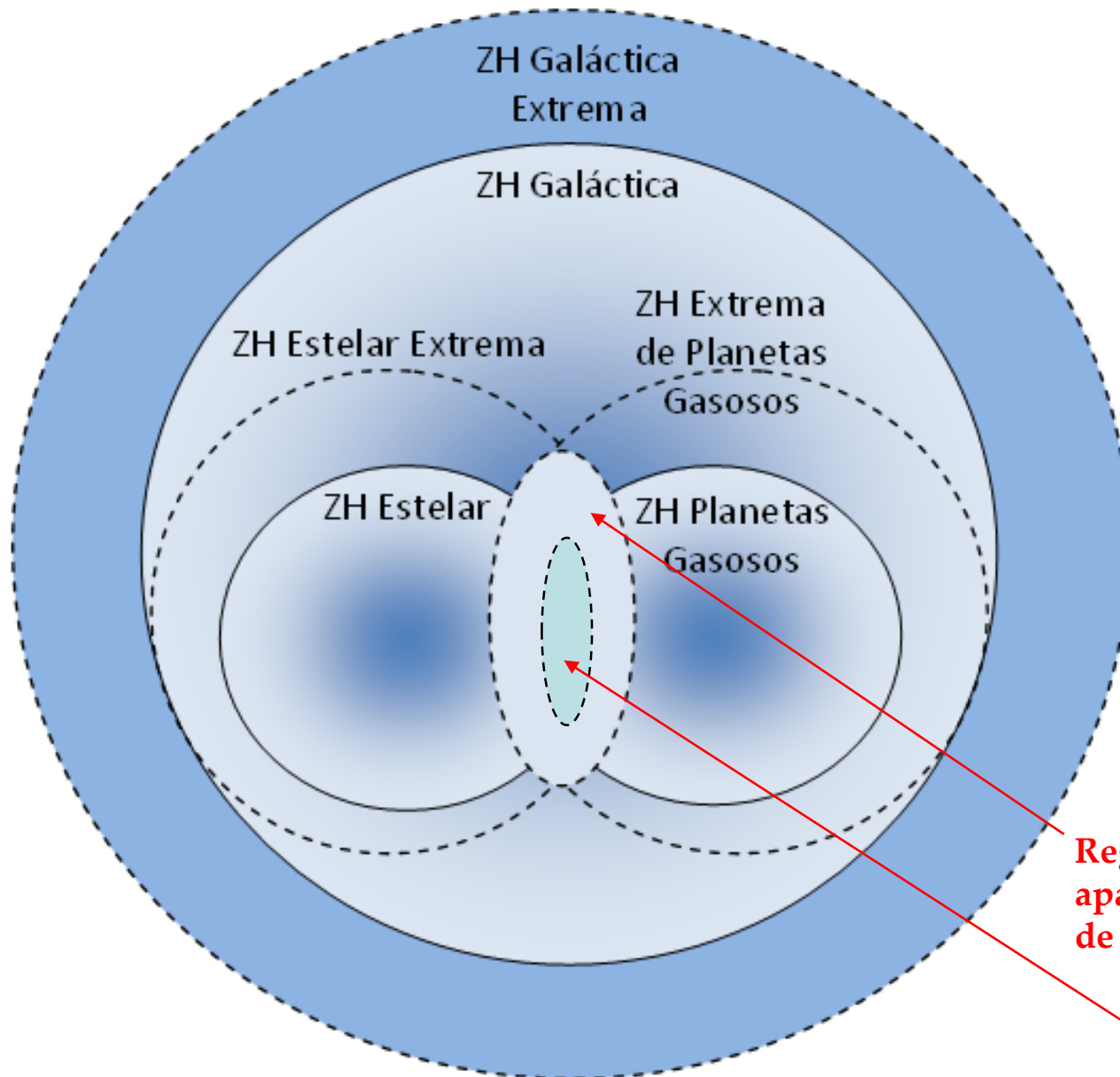
Encelado (Saturno)

- Zona de Habitabilidade Galáctica



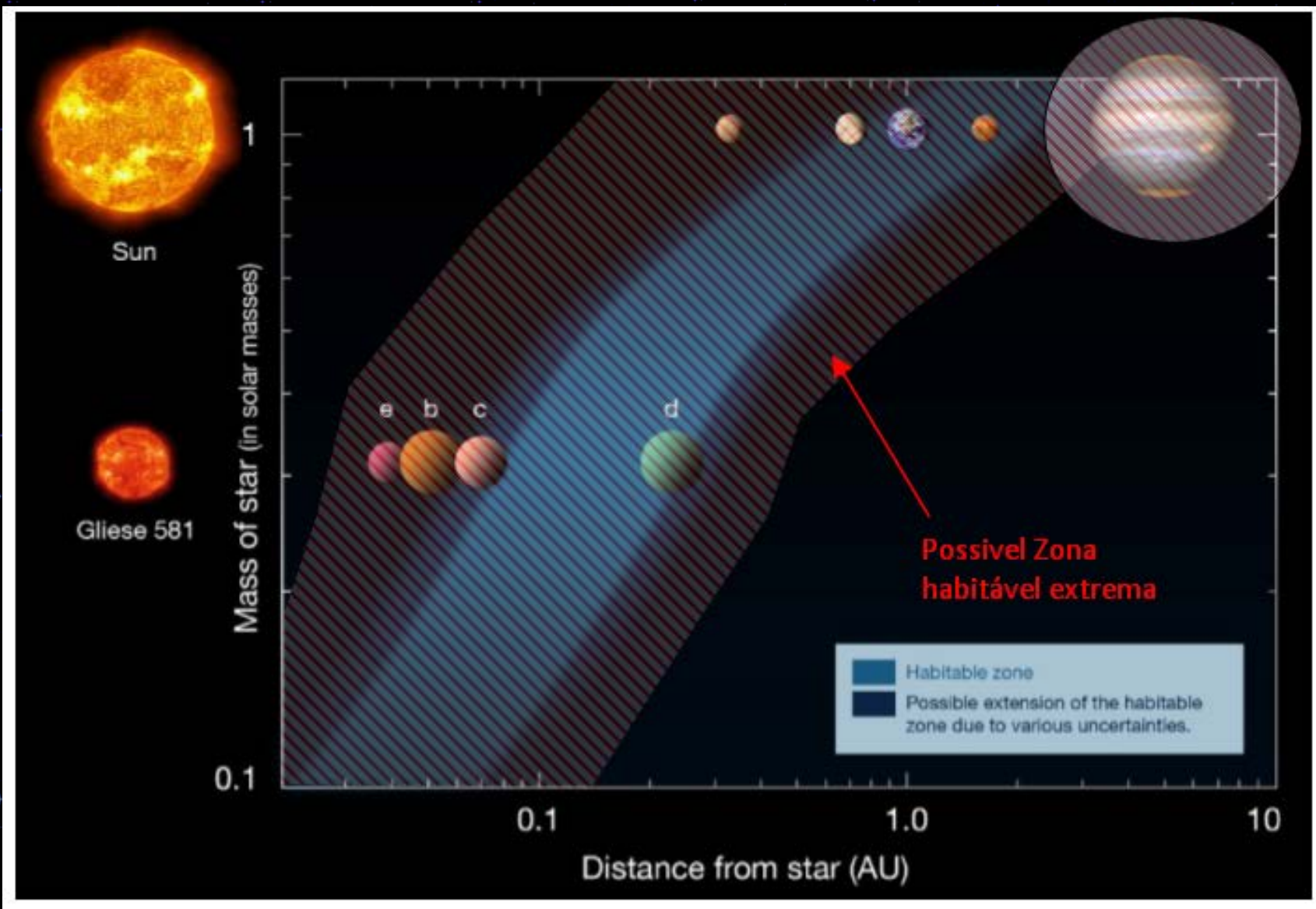
Zona Habitável Galáctica, Estelar e Planetária, para a vida como a conhecemos

- Zonas de Habitabilidade Extrema → p/ microorganismos extremófilos

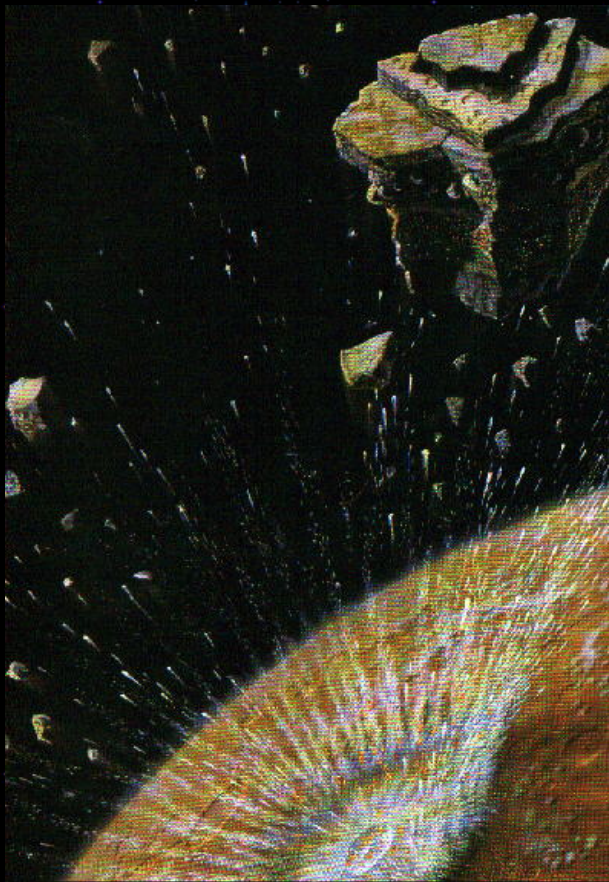


Região com condições para aparecimento e manutenção de vida extrema.

Região com condições para aparecimento e manutenção de vida.



G) Panspermia



Ejeção



Transporte

Densidade: 1 a 10^6 moléculas.cm⁻³

Pressão: 10^{-17} atm

Radiação UV: $122,3$ J.m⁻².s⁻¹

Temperatura = 0 a centenas de K



Microorganismo!

Reentrada

A teoria da panspermia foi proposta em sua forma moderna pelo físico alemão Hermann Von Helmholtz em 1879.

păn-spûr'-mē-ə

Panspermia — the theory that microbes transmit life to habitable bodies in space; or the process of such transmission.

Hermann Ludwig von Helmholtz



Na década de 70 essa teoria ganhou mais força com os argumentos dos astrônomos britânicos Fred Hoyle e Chandra Wickramasinghe.



Hoyle



Wickramasinghe

Tipos de panspermia.

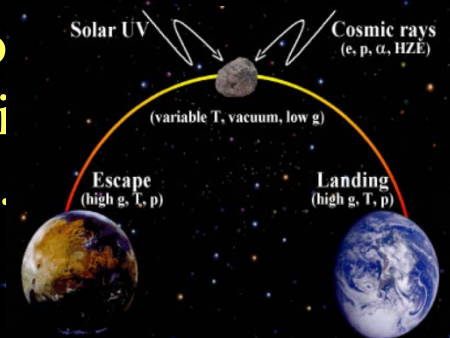
Pseudo-panspermia

Entrega de moléculas orgânicas complexas vindo do espaço (cometas, asteróides, poeira interplanetária).
→ Moléculas seriam processadas na Terra primitiva (ex. experimento de Miller-Urey), dariam origem a química pré-biótica e a primeiras células (LUCA).



Panspermia

Entrega de microorganismos vindo do espaço (cometas, asteróides).
No caso de microorganismos vindo de um outro planeta resultado de uma colisão do planeta com um asteróide esse fenômeno é lito-panspermia ou panspermia de impacto. Esse tipo só seria um tipo de migração interplanetária natural.



Tipos de panspermia.

Radio-panspermia

microorganismos extremofilos poderiam viajar pelo espaço simplesmente pela pressão de radiação.

Panspermia direta ou induzida

Nesse caso civilizações inteligentes enviariam seus iguais ou suas células para colonizarem outros planetas/luas (sondas espaciais).



Panspermia interestelar e intergaláctica

Envolveria sistemas planetários diferentes em diferentes estrelas e até mesmo galáxias diferentes.



E) Extremófilos

...são microrganismos que vivem em condições ótimas em ambientes que a maioria dos outros organismos vivos considera insuportáveis. Dividem-se em cinco categorias:

Hipertermófilos: colonizam nichos onde as temperaturas sobem até 140°C como fumarolas, fontes termais superficiais e abissais.

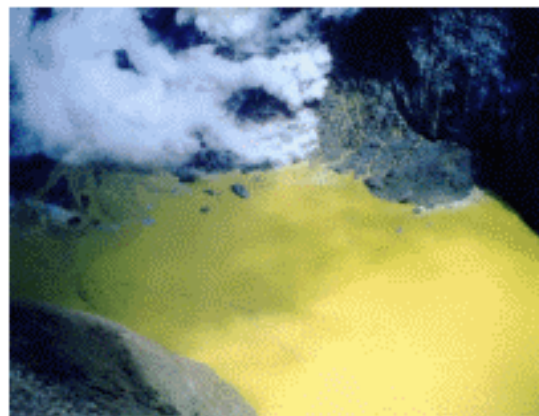


Psicrófilos:

Vivem optimamente em ambientes onde as temperaturas rondam os 0°C .

Halófilos extremos:

Colonizam ambientes onde a salinidade varia entre 9 e 30% NaCl, como salinas e outros locais hipersalinos (como por ex. o Mar Morto).



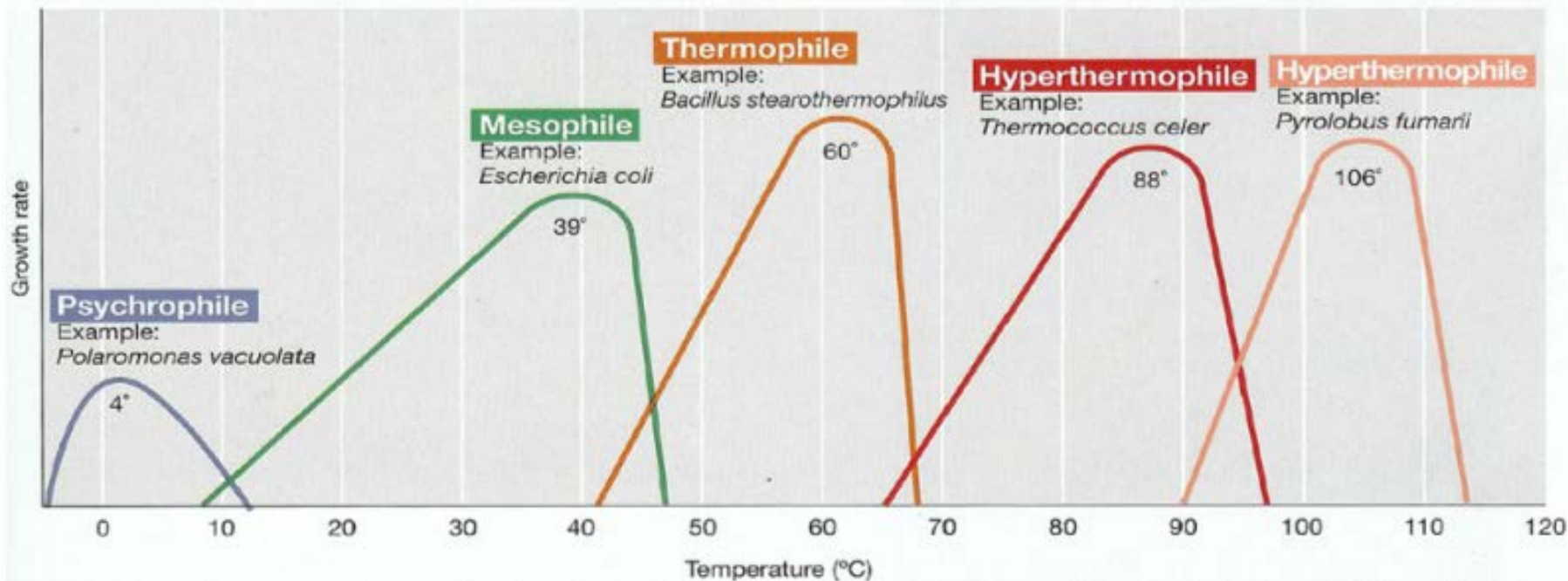
Acidófilos: Vivem em ambientes acídicos (pH entre 0.1 e 4) como sulfataras e lagos criados em minas de pirite.

Alcalófilos: Vivem em lagos salgados e águas subterrâneas onde o pH é superior a 10.



Tabela 1 Classificação e exemplos de organismos extremófilos (adaptada de ROTHCHILD e MANCINELLI, 2001).

Parâmetro Ambiental	Tipo	Definição	Exemplos
Temperatura	Hipertermófilos	Crescimento >80°C	<i>Picrolobus fumarii</i> , 113°C
	Termófilos	Crescim. 60-80°C	<i>Synechococcus lividis</i>
	Mesófilos	Crescim. 15-60°C	<i>Homo sapiens</i>
	Psicrófilos	Crescim. <15°C	<i>Psychrobacter</i> , alguns insetos
Radiação			<i>Deinococcus radiodurans</i>
Pressão	Barofílicos	Atração por pressão	Para microbios, 130 Mpa
	Hipobarofílicos	Baixa pressão	<i>Bacillus subtilis</i>
Gravidade	Hipergravidade	> 1G	Desconhecidos
	Hipogravidade	<1G	Desconhecidos
Vácuo		Toleram o vácuo (espaço destituído de matéria)	Tardígrados, insetos, microrganismos e sementes
Dessecação	Xerófilos	Anidrobiótico	Artemia salina, nematóides, microrganismos, fungos e líquens
Salinidade	Halófilos	Crescim. em salinas (NaCl 2,0 - 5,0 M)	<i>Halobacteriaceae</i> , <i>Dunaliella salina</i>
PH	Alcalófilos	pH>9	<i>Natronobacterium</i> , <i>Bacillus firmus</i> OF4, <i>Spirulina</i> spp. (todos pH>10,5)
	Acidófilos	Baixo pH	<i>Cianidium caldarium</i> <i>Ferroplasma</i> spp. (ambos pH 0,0)
Tensão de Oxigênio	Anaeróbios	Não suportam O ₂	<i>Methanococcus jannaschii</i>
	Microaerófilos	Toleram baixos níveis de O ₂	<i>Clostridium</i>
	Aeróbios	Requerem O ₂	<i>H. sapiens</i>
Extremos Químicos	Gases		<i>C. caldarium</i> (CO ₂ puro)
	Metais	Podem tolerar altas concentrações de metais (metalotolerantes)	<i>Ferroplasma acidarmanus</i> (Cu, As, Cd, Zn); <i>Raistonia</i> sp. CH34 (Zn, Co, Cd, Hg, Pb)



Relation of temperature to growth rates of a typical psychrophile, a typical mesophile, a typical thermophile, and two different hyperthermophiles.

Nos anos 80 e 90, biólogos descobriram que a vida microscópica tem uma incrível capacidade de sobrevivência em ambientes extremos - nichos extraordinariamente quentes, ou ácidos, como lugares inóspitos para organismos complexos. Alguns cientistas concluem até mesmo que a vida na Terra deve ter começado em fontes hidrotermais, muito abaixo da superfície dos oceanos.

Filogenia

A maioria dos organismos extremófilos pertence ao domínio das Archaea (embora também se encontrem entre as Bactérias).



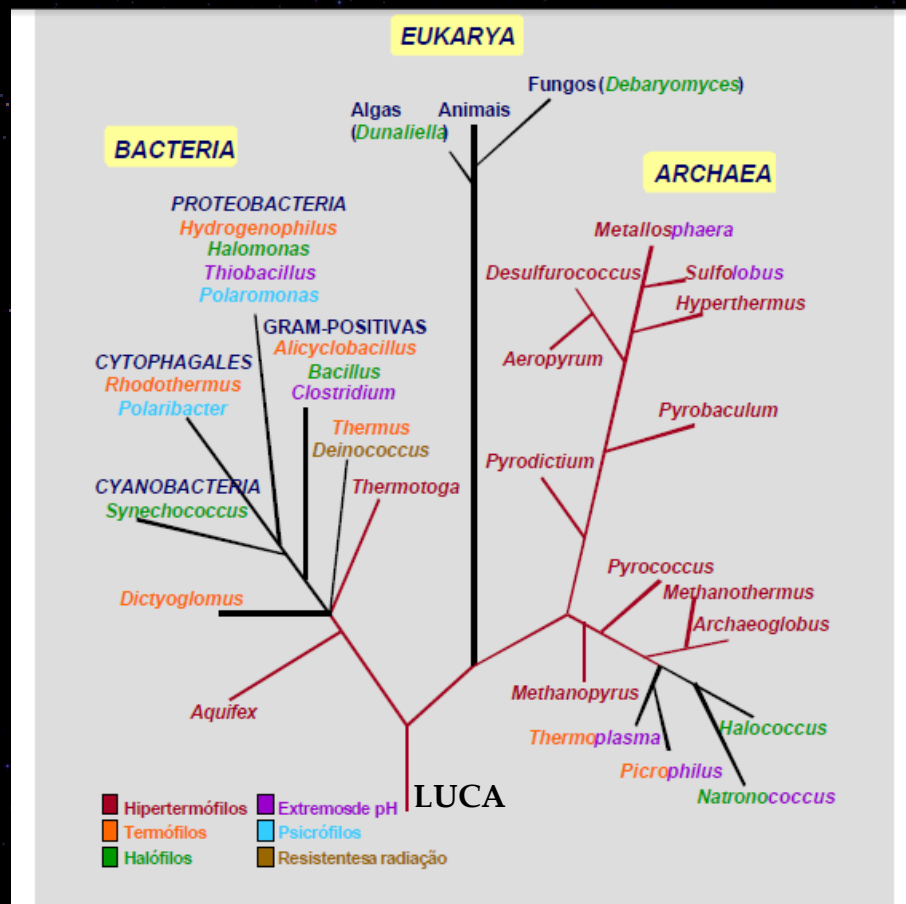
Pyrococcus furiosus. Esta Archaea vive a temperaturas acima de 90°C



Sulfolobus acidocaldarius

Acidianus infernus

Estas duas Archaea, da ordem das *Sulfolobales*, vivem em ambientes com pH 2 e temperaturas de 80°C



Árvore filogenética segundo Woese *et al.*, 1990, com localização de extremófilos. O tipo de extremofilia está identificado com o código de cores indicado.

Os mais conhecidos extremófilos são micróbios. O domínio Archaea contém renomados exemplos, mas extremófilos são presentes em inúmeras e diversas linhagens genéticas de bactérias e archaeanos. Além disto, é errôneo utilizar o termo extremófilo para englobar todos os archaeanos, já que alguns são mesófilos.

Nem todos os extremófilos são unicelulares; protostômios encontrados em ambientes similares incluem o verme de Pompéia, os psicrófilos Grylloblattodea (insetos), Krill antártico (um crustáceo) e os Tardigrados (*Milnesium tardigradum*).

Thellungiella halophila
(Sobrevive a -15°C)

Extremófilos da Flora

Numerosas espécies de plantas têm tolerância a temperaturas extremas, pH, concentrações químicas no solo e salinidade.

Alguns exemplos são a *Thellungiella halophila*, *Quercus durata*, *Eriogonum cedrorum* e *Streptanthus niger*.



Tardigrados



Temperatura (-200°C à 151°C); Pressão (vácuo à 5000 atm); Desidratação (10 anos em umidade zero); Radiação (sobrevive a doses de 5000 Gy (raios gama) e 6200 Gy (íons pesados). OBS. 5-10 Gy é fatal para humanos; Resistentes a toxinas.

Os primeiros experimentos com tárdigrados foram feitos no espaço no ano de 2007 (FOTON-M3). Eles sobreviveram a 10 dias de exposição direta.

Tipos de estresses e seus efeitos no microrganismos

A) Efeitos da Radiação ionizante:

- Dissocia a água no interior celular produzindo radicais livres que causam dano nos componentes celulares
- Causa dano direto no DNA, RNA e proteínas.
- Causa dano na estrutura da membrana celular

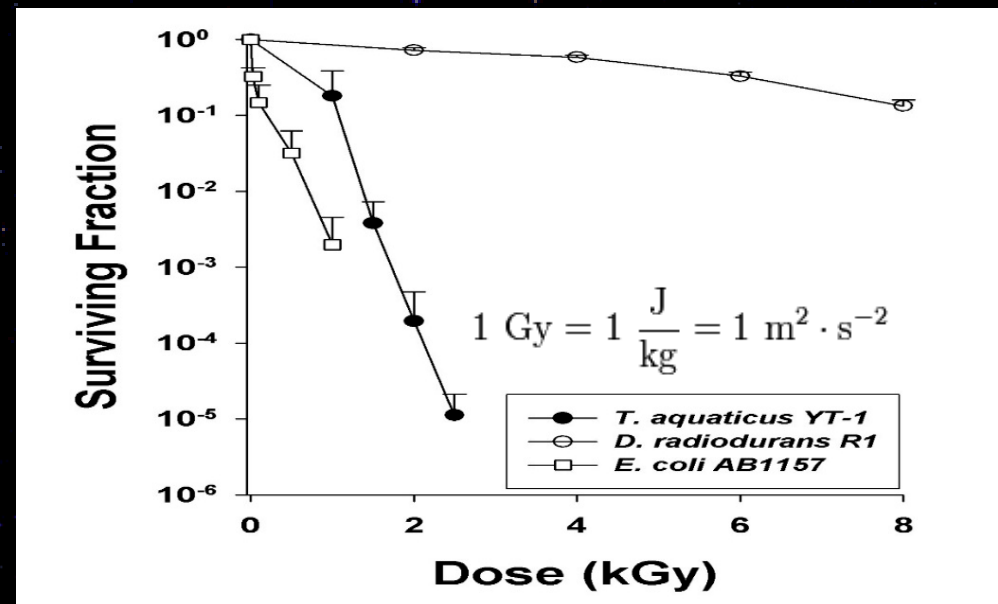
Fatos interessantes sobre radiação ionizante:

10 Gy = letal para humanos;

60 Gy = letal para *E. coli*;

5000 Gy = 100% viabilidade *D. radiodurans*;

15000 Gy = 57% viabilidade *D. radiodurans*.



B) Efeitos da Pressão:

- Comprime e aumenta o empacotamento de lipídeos (membrana);
- Diminui a fluidez da membrana;
- Inibe reações químicas em geral.

C) Efeitos da Microgravidade:

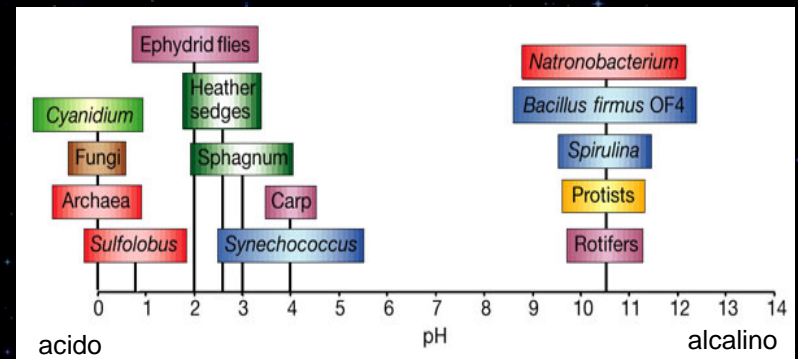
- Altera a produção de biomassa;
- Altera a permeabilidade da membrana;
- Aumenta as taxas de conjugação.

D) Efeitos da Dessecação (vácuo):

- Mudanças irreversíveis (desnaturação, quebras estruturais) em lipídeos, proteínas e ácidos nucleicos;

E) Efeitos do pH:

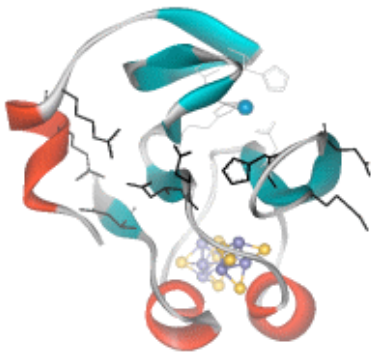
- Altera o metabolismo celular, podendo causar morte celular.
- Em casos extremos danifica a membrana celular causando morte celular.



Algumas Estratégias para sobreviver em condições extremas de temperatura.

Para viverem em condições tão adversas, os extremófilos recorrem a diferentes estratégias, sendo algumas conhecidas.

- Proteínas termoestáveis

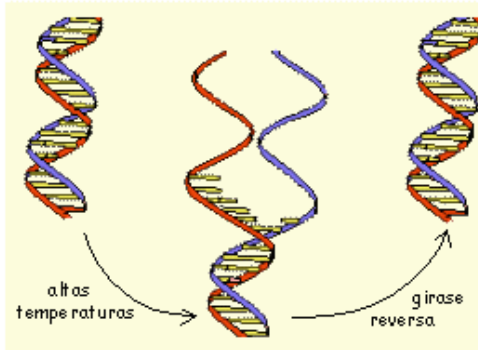


As proteínas dos termófilos são, na sua maioria, estáveis a temperaturas elevadas. De entre vários factores, tal deve-se, por exemplo, à existência de fortes ligações intramoleculares.

A proteína representada na figura é uma ferredoxina hiperestável que só a 134°C se começa a degradar.

Muito quente!!!

- Girase reversa



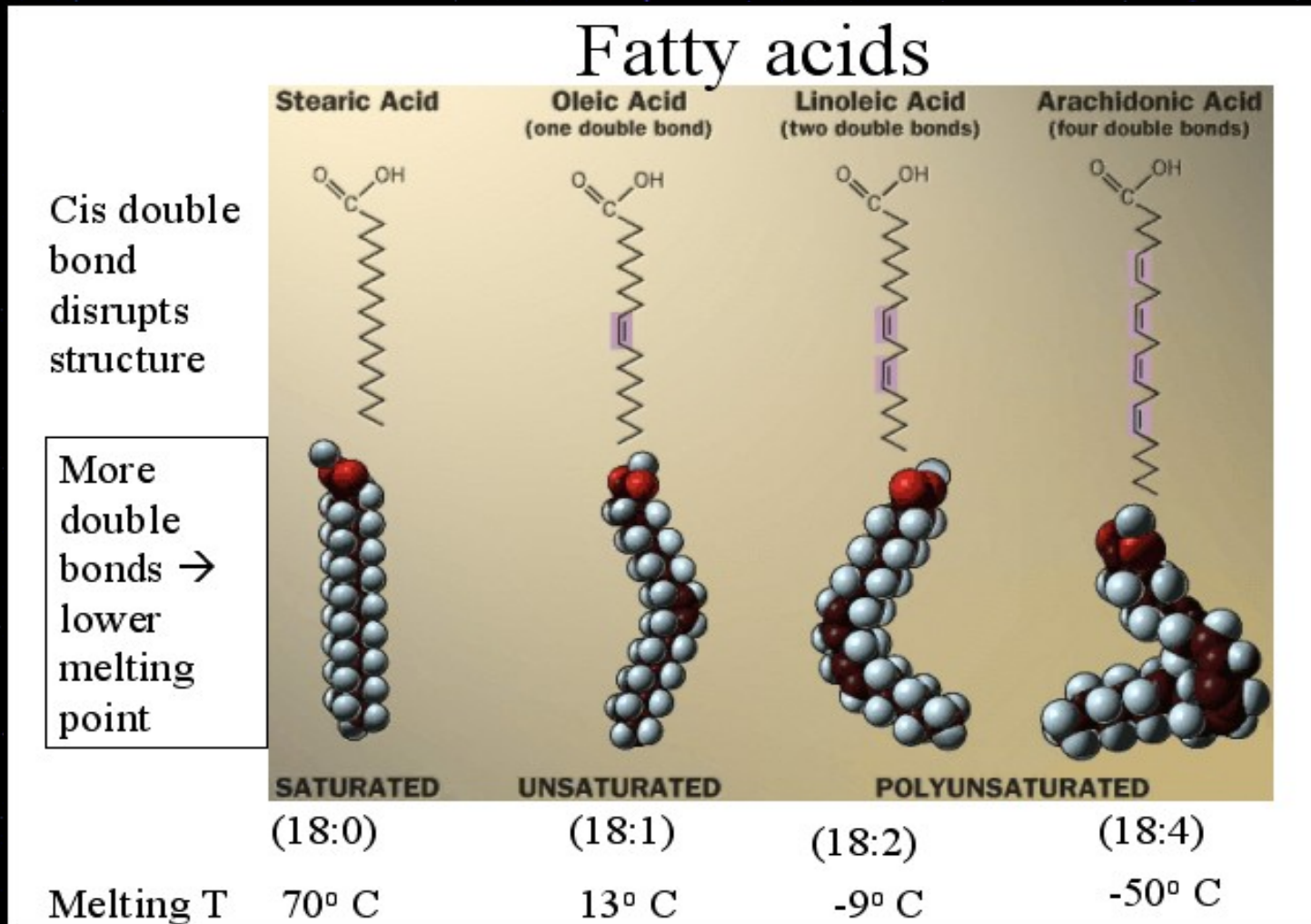
A altas temperaturas a dupla hélice do DNA tem tendência a desenrolar perdendo a sua actividade biológica.

Os hipertermófilos têm uma enzima, a girase reversa, (que não existe em mais nenhum organismo vivo) que tem como função voltar a enrolar o DNA.

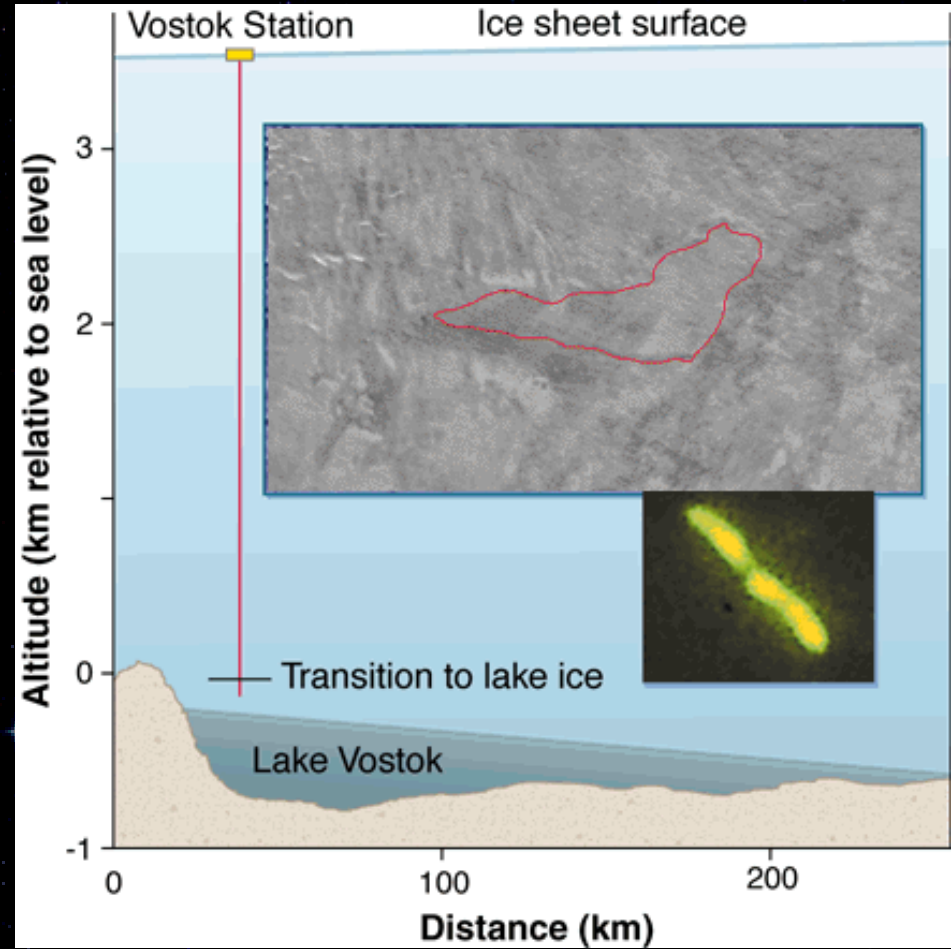
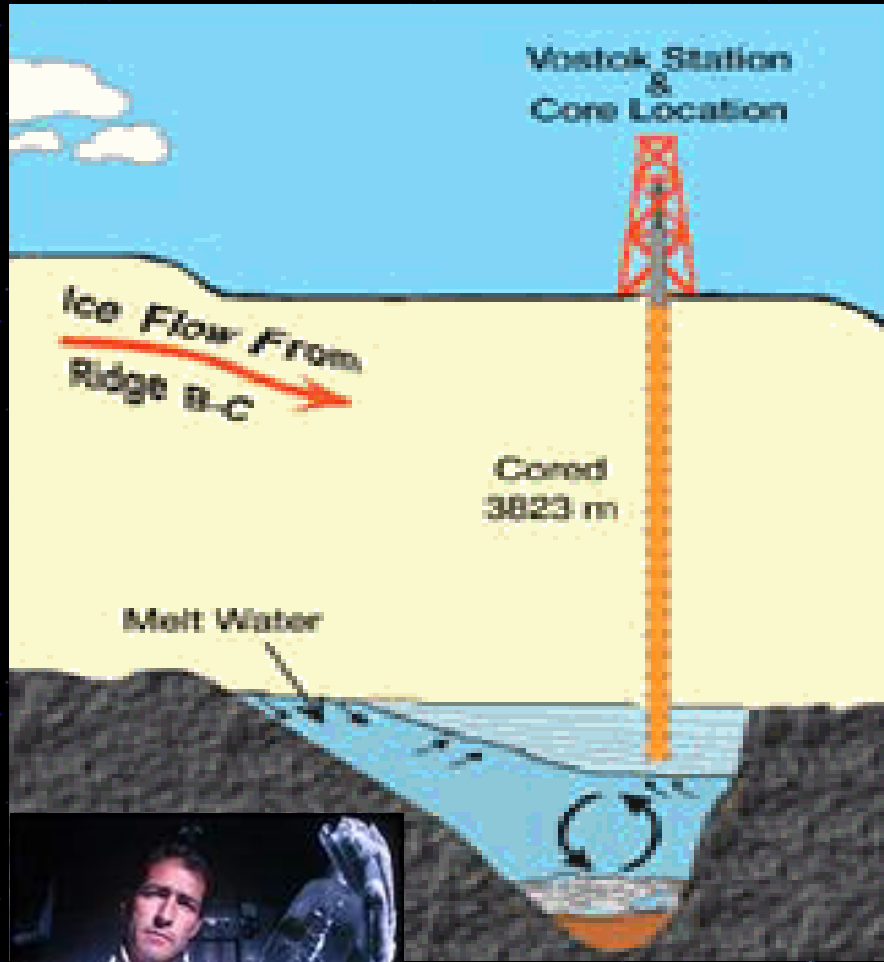
Algumas Estratégias para sobreviver em condições extremas de temperatura.

Muito Frio!!!

Adaptações ao frio extreme via diferenciação da membrana.



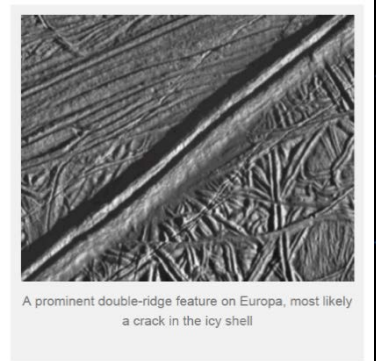
Lago Vostok x Europa



Astrobiologia de Europa

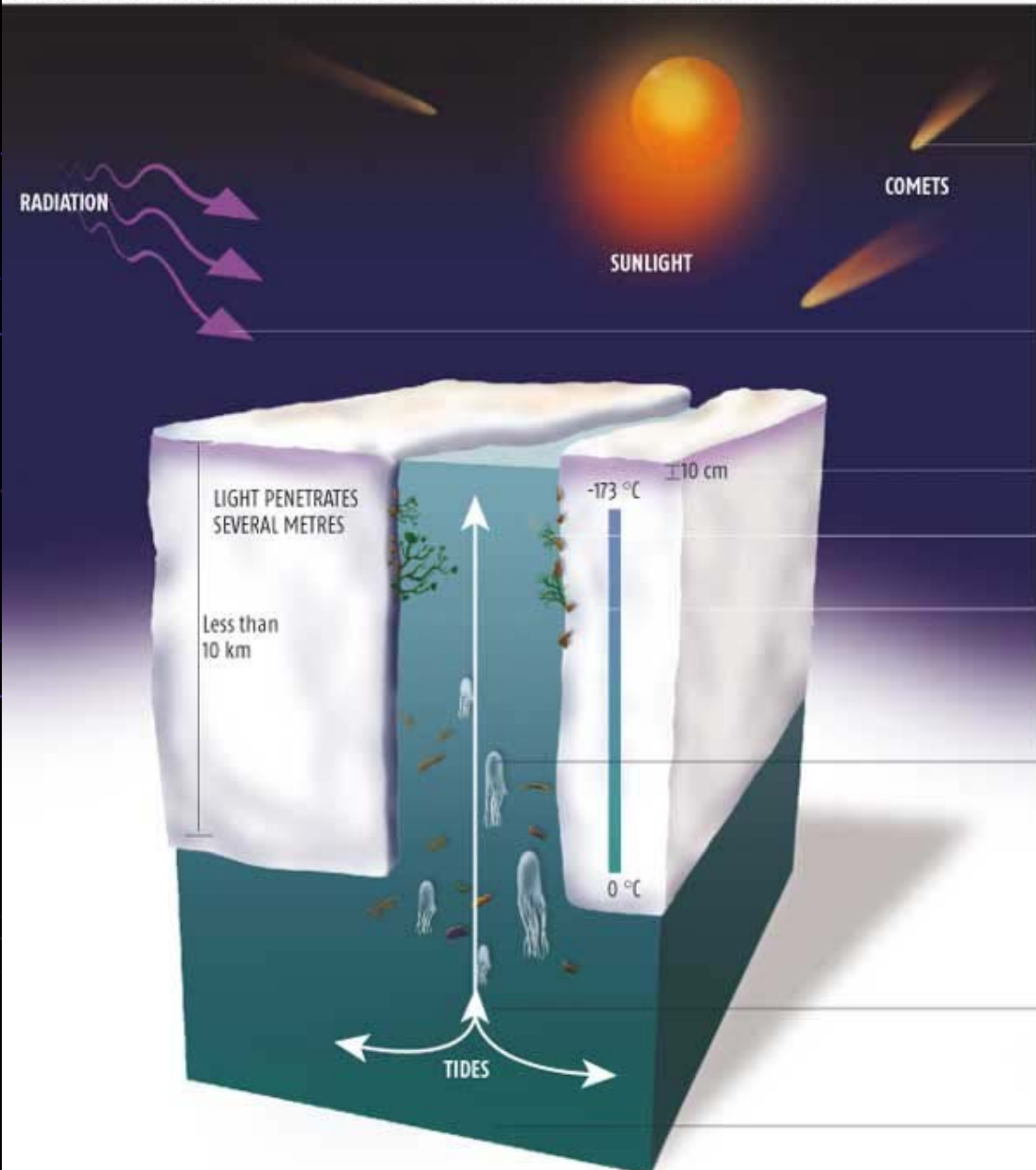
IS THERE LIFE ON EUROPA?

If Europa's icy crust is thin enough, cracks would provide a habitat where life could thrive



A prominent double-ridge feature on Europa, most likely a crack in the icy shell

Liquid Water in the Solar System

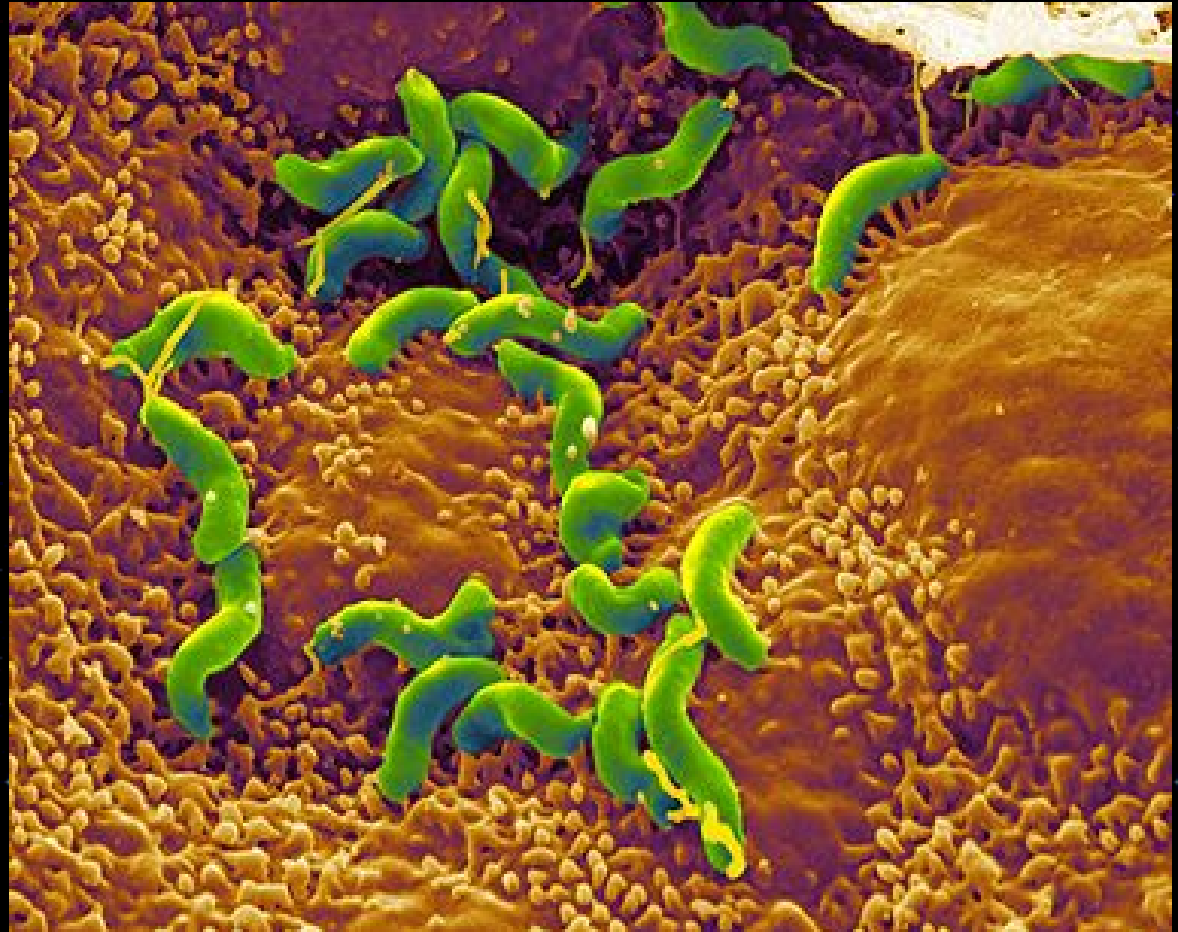


- Comets deliver organic molecules
- Radiation from Jupiter's magnetosphere forms oxidants at surface that can be used as food source
- Radiation danger
- Photosynthetic plants take advantage of sunlight
- Clinging life forms use food brought down by current
- Floating life forms move up and down with the tides
- Strong daily tidal currents
- Relatively warm ocean

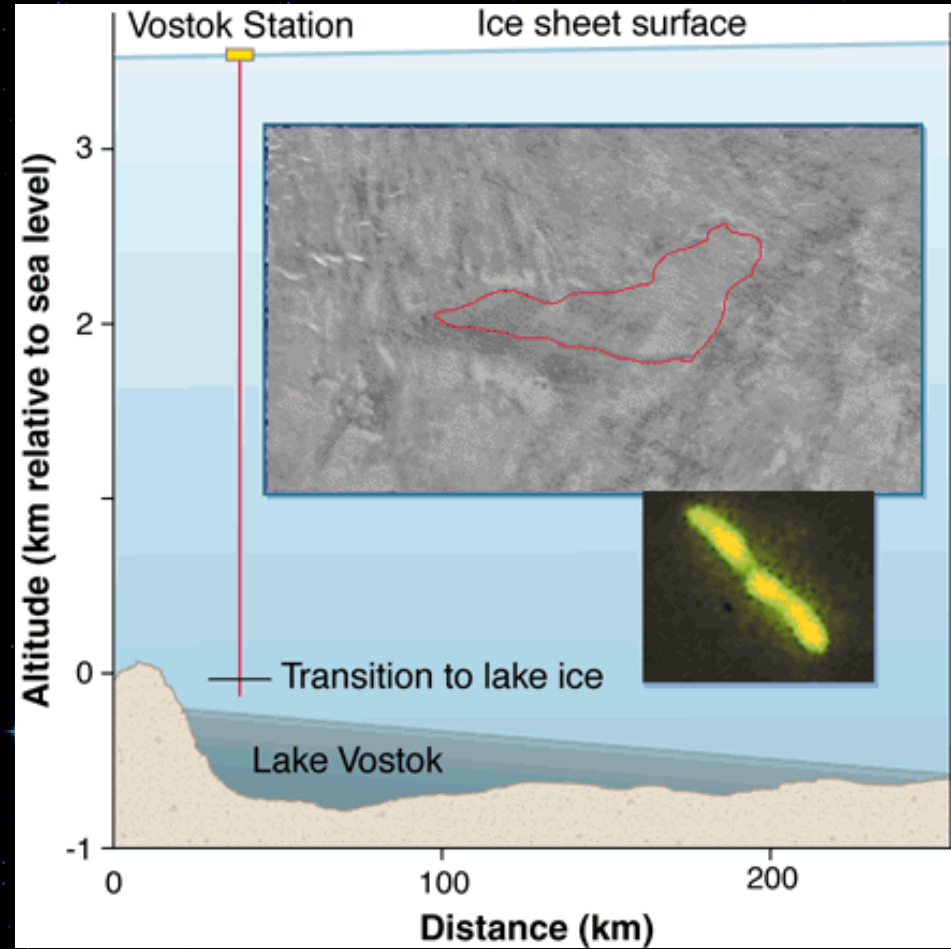
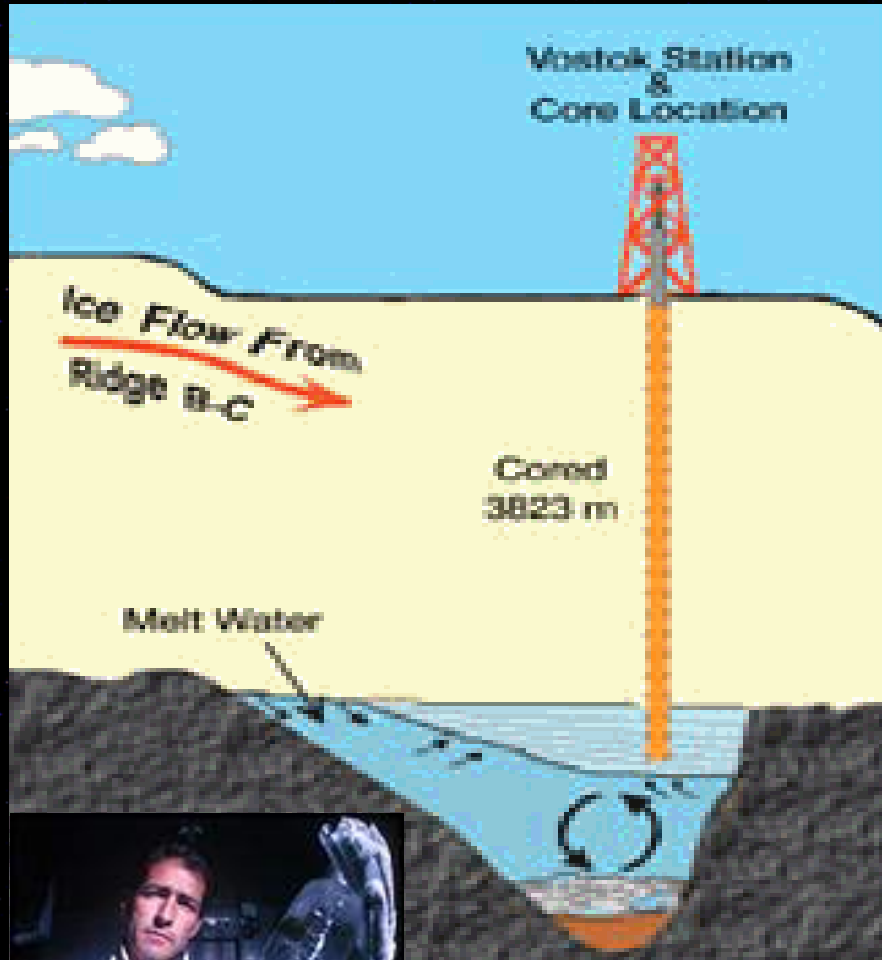
Podemos ter extremófilos dentro de nós!



Helicobacter pylori (pH 0-1)



Lago Vostok x Europa



Deinococcus radiodurans

- Descoberta em 1956 por A. W. Anderson
- Encontrada naturalmente no ambiente, gram positiva, aeróbia

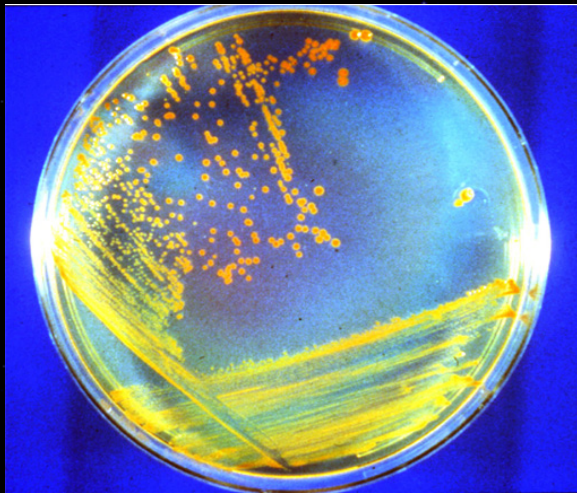


Fig. Colônias de *Deinococcus radiodurans* crescidas em meio de cultura solidificado. Fonte: http://science.nasa.gov/newhome/headlines/ast14dec99_1.htm

Poli-extremófila:

Dessecação

Agentes genotóxicos

Danos oxidativos

Radiação UV e ionizante

10 Gy = letal para humanos

60 Gy = letal para *Escherichia coli*

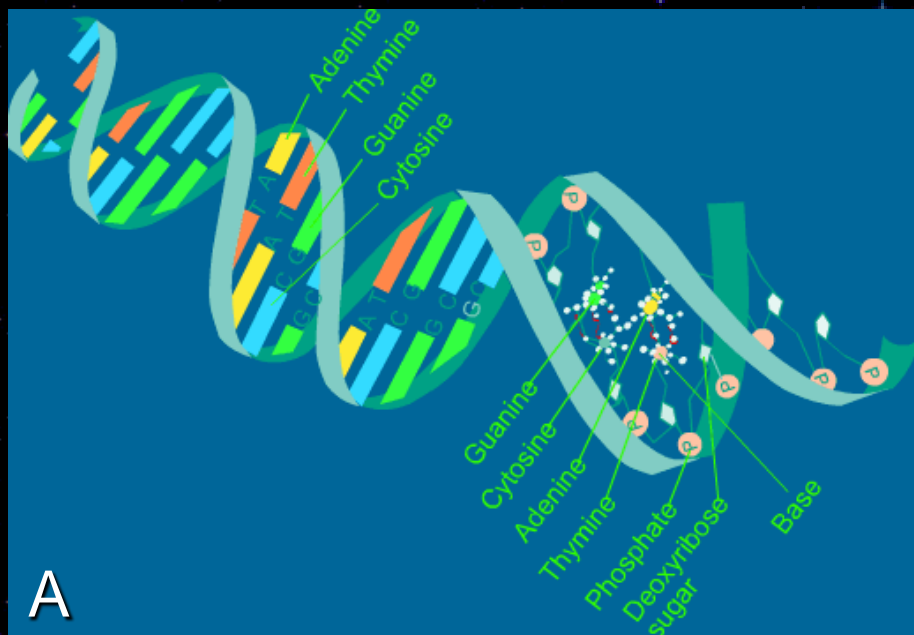
5000 Gy = 100% viabilidade *D. radiodurans*

15000 Gy = 37% viabilidade *D. radiodurans*

Danos causados pela radiação:

Diretos: em membranas, proteínas e ácidos nucleicos

Indiretos: por radicais livres gerados pela radiação



BER – Base excision repair

RecA – Recombination protein A

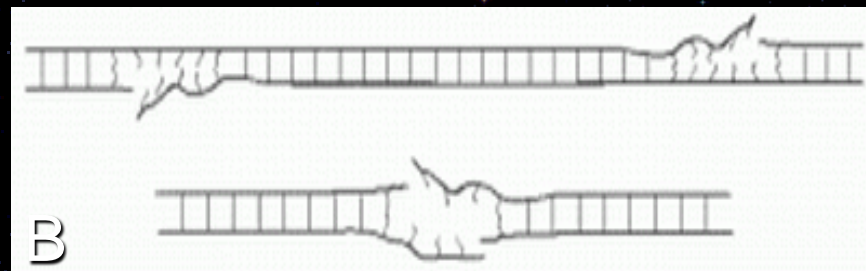


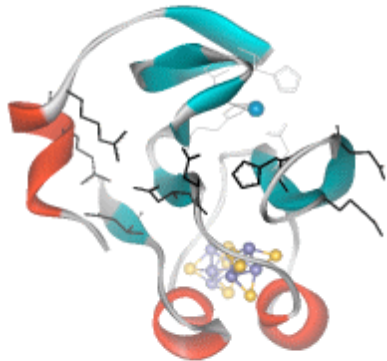
Figura. (A) Estrutura do DNA; (B) Tipos de quebra (ss ou ds) no DNA.

Fontes: (A) www.biotech-adventure.okstate.edu; (B) www.nirmed.org

Estratégias para sobreviver em condições extremas

Para viverem em condições tão adversas, os extremófilos recorrem a diferentes estratégias, sendo algumas conhecidas.

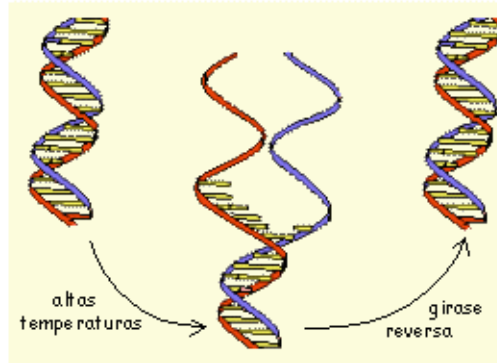
- Proteínas termoestáveis



As proteínas dos termófilos são, na sua maioria, estáveis a temperaturas elevadas. De entre vários factores, tal deve-se, por exemplo, à existência de fortes ligações intramoleculares.

A proteína representada na figura é uma ferredoxina hiperestável que só a 134°C se começa a degradar .

- Girase reversa



A altas temperaturas a dupla hélice do DNA tem tendência a desenrolar perdendo a sua actividade biológica.

Os hipertermófilos têm uma enzima, a girase reversa, (que não existe em mais nenhum organismo vivo) que tem como função voltar a enrolar o DNA.

Filogenia

A maioria dos organismos extremófilos pertence ao domínio das Archaea (embora também se encontrem entre as Bactérias).



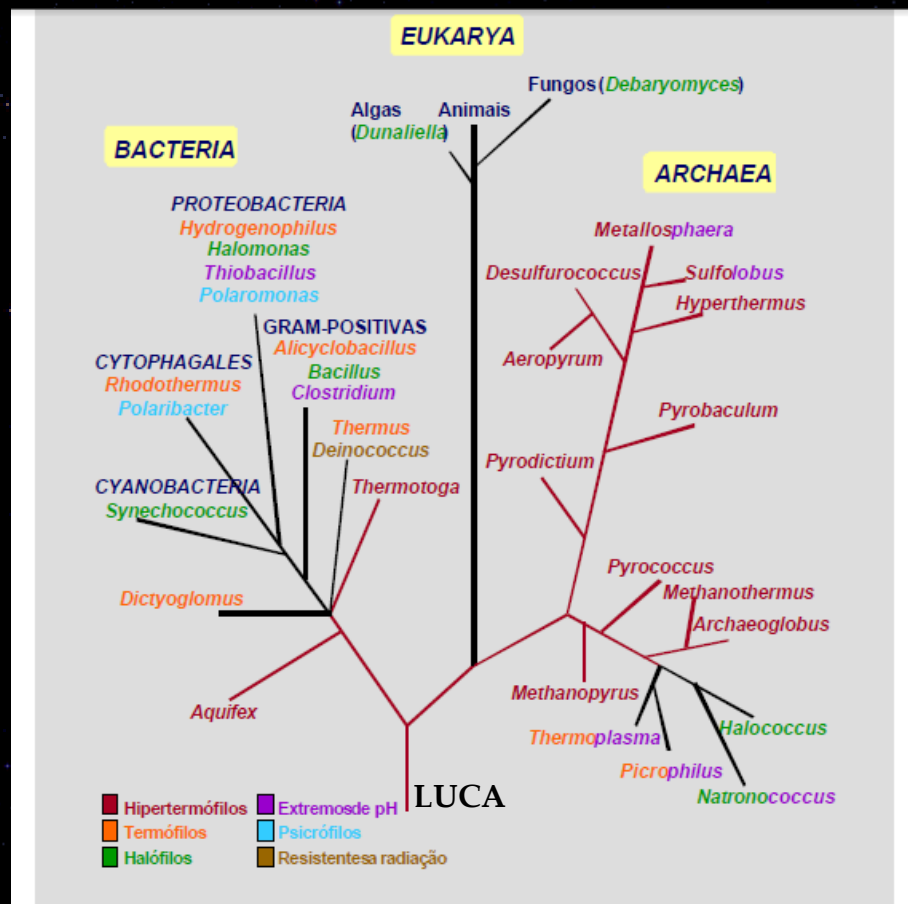
Pyrococcus furiosus. Esta Archaea vive a temperaturas acima de 90°C



Sulfolobus acidocaldarius

Acidianus infernus

Estas duas Archaea, da ordem das *Sulfolobales*, vivem em ambientes com pH 2 e temperaturas de 80°C



Árvore filogenética segundo Woese *et al.*, 1990, com localização de extremófilos. O tipo de extremofilia está identificado com o código de cores indicado.

Interesses diversos sobre a investigação de extremófilos

Devido às suas características únicas os microrganismos extremófilos têm despertado o interesse da comunidade científica.

Os cientistas têm-se debruçado sobre:

- Estudo de estratégias de adaptação a temperaturas elevadas.
- Novas vias metabólicas e identificação de novos solutos osmo e termo-protectores.
- Elucidação de novos processos de obtenção de energia.
- Estudo de factores que contribuem para a termoresistência das proteínas.
- Estudo da biodiversidade do mundo microbiano.

Organismos	Produtos	Aplicação
Hiper-termófilos >80°C	Amilases	Frutose para adoçantes
	Xilases	Branqueamento de papel
	Proteases	Aminoácidos para produção de queratinas, alimentos e detergentes
	DNA-polimerases	Engenharia genética (PCR)
Psicrófilos 0-15°C	Proteases neutras	Produção de laticíneos
	Proteases	Detergentes
	Amilases	
	Lipases Ácidos gordos polinsaturados	Fármacos
Acidófilos 0 < pH < 4	Oxidação de enxofre	Dessulfurização do carvão
Alcalófilos pH > 9	Proteases	Detergentes
	Amilases	
	Lipases	Estabilização de substâncias voláteis
	Ciclo-dextrinas	
Halófilos >9% NaCl	Caroteno	Corantes para alimentos
	Antibióticos	Fármacos
	Glicerol	
	Solutos compatíveis	Estabilizadores de enzimas
	Membranas	

F) Alguns experimentos de Astrobiologia



Histórico de experimentos simulando ambientes extraterrestres

- Década de 1960 (Hagen et al., 1964)
- Programa Apollo (*Streptomyces*, *Bacillus subtilis*)
- Biopan / ESA
- SSIOMUX - Space Simulating for Investigating Organics, Evolution and Exobiology (Alemanha, 9 projetos biológicos)

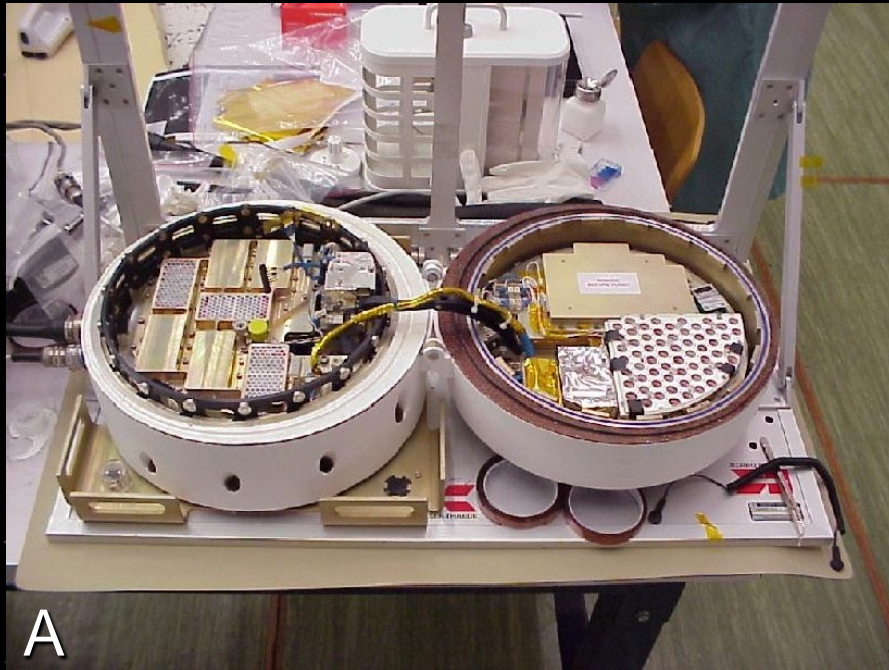


Figura 4. Dispositivo Biopan. (A) Cápsula aberta em laboratório; (B) cápsula no veículo espacial.

Fonte: http://www.spaceflight.esa.int/users/downloads/facilities-doc/biopan2_foton.jpg

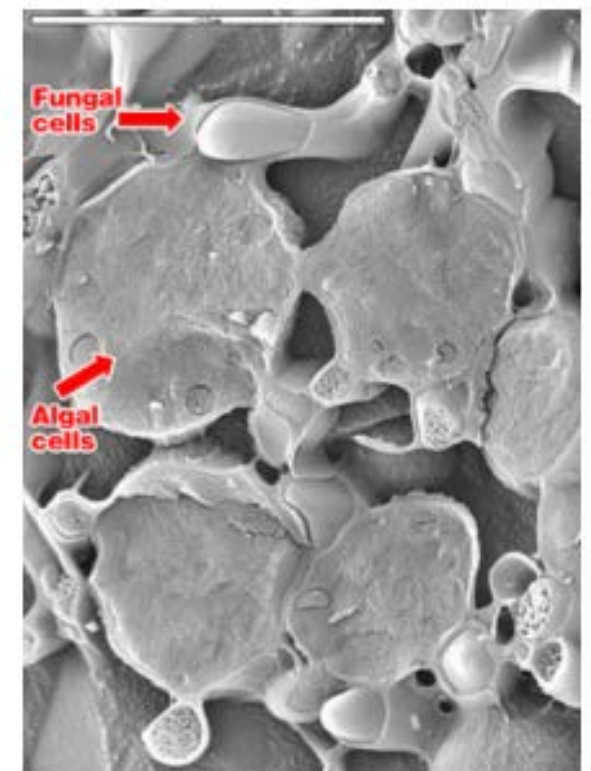
Research Paper

Lichens Survive in Space: Results from the 2005 LICHENS Experiment

LEOPOLDO G. SANCHO,¹ ROSA DE LA TORRE,² GERDA HORNECK,³
CARMEN ASCASO,⁴ ASUNCIÓN DE LOS RÍOS,⁴ ANA PINTADO,¹ J. WIERZCHOS,⁵
and M. SCHUSTER⁶



15 dias no espaço!



Credits: L. Sancho



Available online at www.sciencedirect.com

SCIENCE @ DIRECT®

Advances in Space Research 36 (2005) 297–302

ADVANCES IN
SPACE
RESEARCH
(a COSPAR publication)

www.elsevier.com/locate/asr

SSIOUX – Space simulation for investigating organics, evolution and exobiology

E. Rabbow *, P. Rettberg, C. Panitz, J. Drescher, G. Horneck, G. Reitz

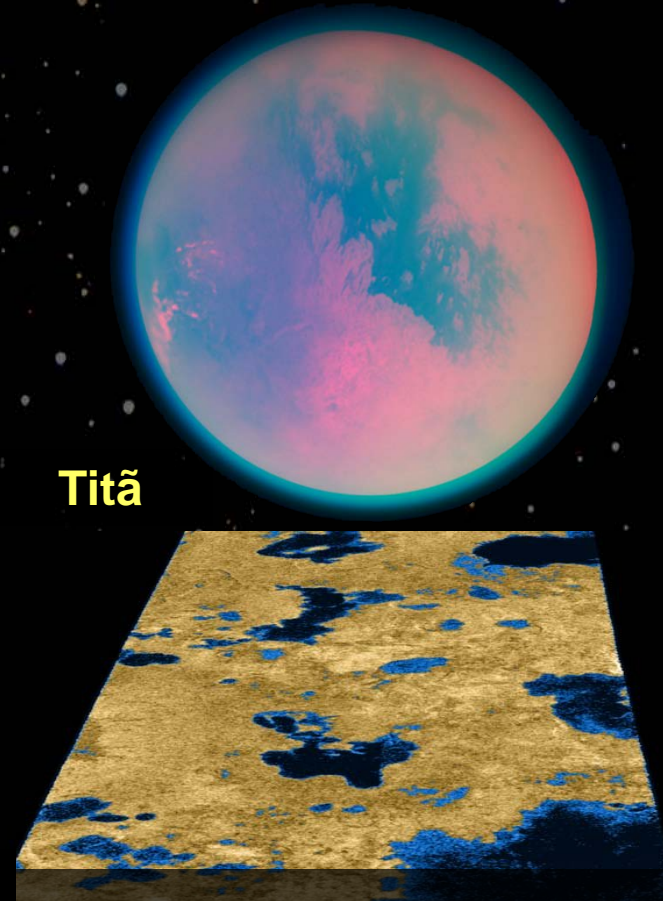
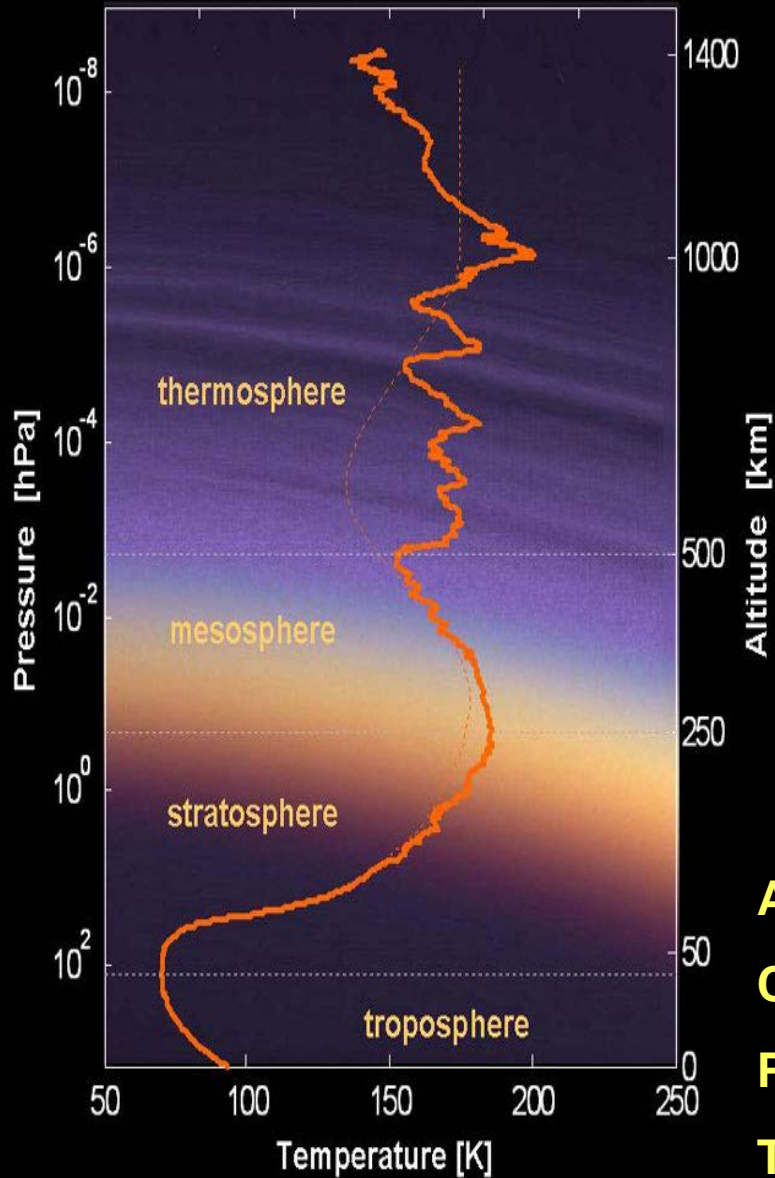
Institute of Aerospace Medicine, Department of Radiation Biology, DLR, Linder Höhe, D-51147 Köln, Germany

Received 28 October 2004; received in revised form 24 August 2005; accepted 25 August 2005



Instituto de Medicina Aeroespacial, Köhl, Alemanha

Simulação de atmosferas planetárias (Temp; Radiação; Química)

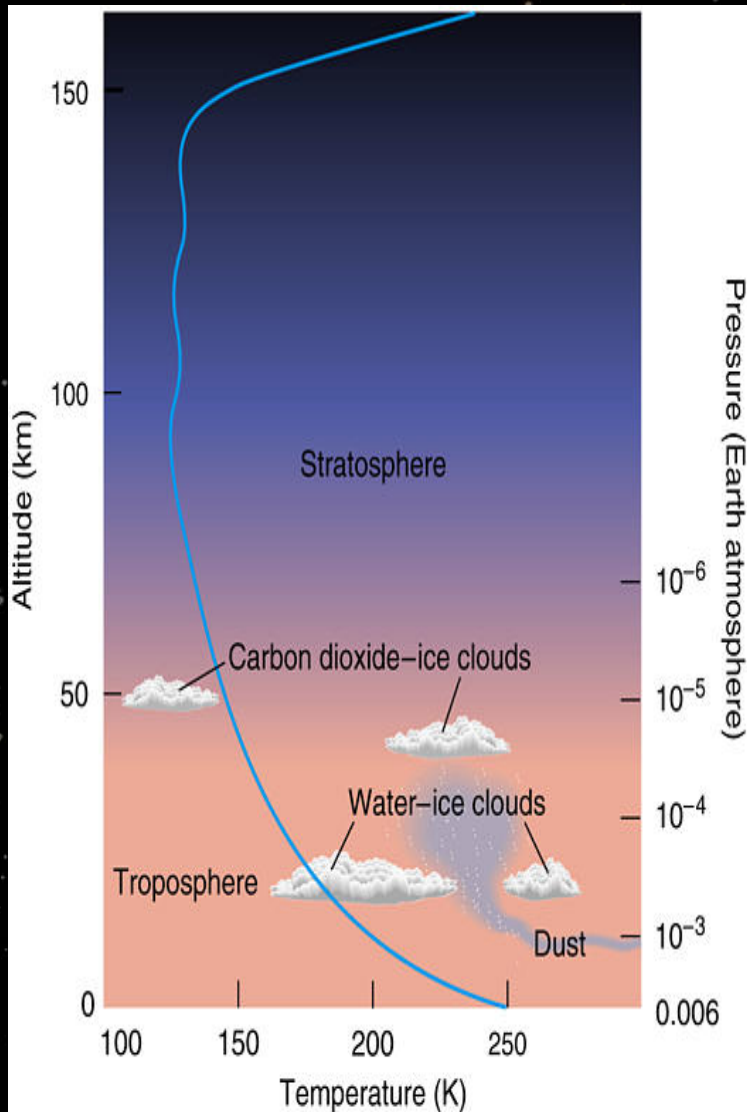


Atmosfera:

Composição química = 94% N_2 ; 5% CH_4

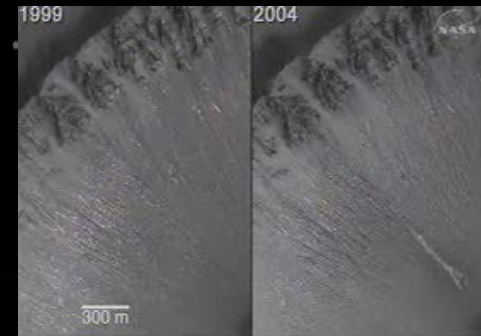
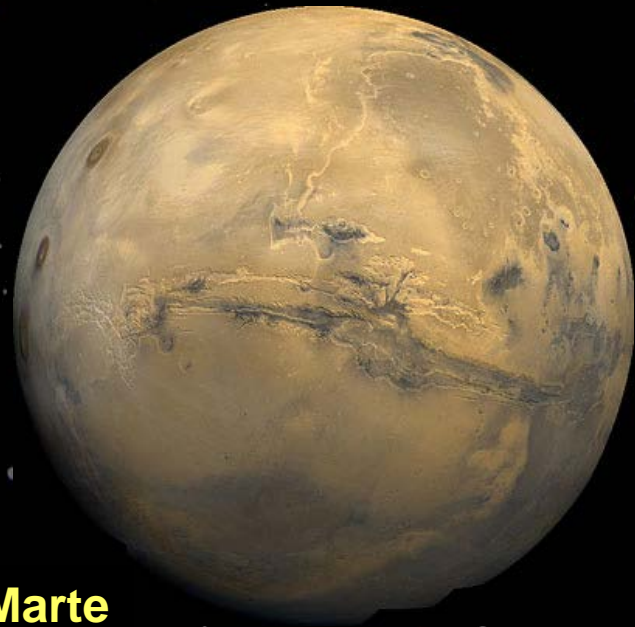
Pressão = 1,5 atm

Temperatura = 70 K (-203°C) até 200K (-73°C)



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

Marte



Atmosfera

Composição = 95% CO₂; 3% N₂; 2% Ar

Pressão = 10⁻² atm

Temperatura = 140 K (-133°C) até 250 K (-23°C)





Contents lists available at [ScienceDirect](http://www.sciencedirect.com)

Journal of Microbiological Methods

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jmicmeth



Review

Experimental methods for studying microbial survival in extraterrestrial environments

Karen Olsson-Francis^{*}, Charles S. Cockell

Centre for Earth, Planetary, Space and Astronomical Research, The Open University, Walton Hall, Milton Keynes, MK7 6AA, UK

ARTICLE INFO

Article history:

Received 24 August 2009

Received in revised form 5 October 2009

Accepted 7 October 2009

Available online 23 October 2009

Keywords:

Extraterrestrial environments

Extremophiles

Microbial response

ABSTRACT

Microorganisms can be used as model systems for studying biological responses to extraterrestrial conditions; however, the methods for studying their response are extremely challenging. Since the first high altitude microbiological experiment in 1935 a large number of facilities have been developed for short- and long-term microbial exposure experiments. Examples are the BIOPAN facility, used for short-term exposure, and the EXPOSE facility aboard the International Space Station, used for long-term exposure. Furthermore, simulation facilities have been developed to conduct microbiological experiments in the laboratory environment. A large number of microorganisms have been used for exposure experiments; these include pure cultures and microbial communities. Analyses of these experiments have involved both culture-dependent and independent methods. This review highlights and discusses the facilities available for microbiology experiments, both in space and in simulation environments. A description of the microorganisms and the techniques used to analyse survival is included. Finally we discuss the implications of microbiological studies for future missions and for space applications.

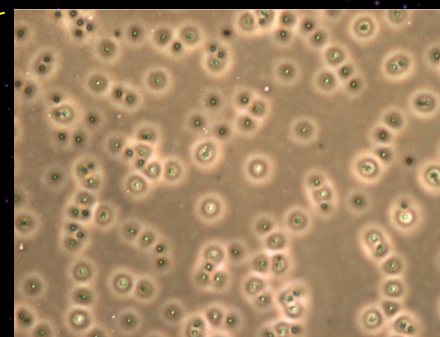
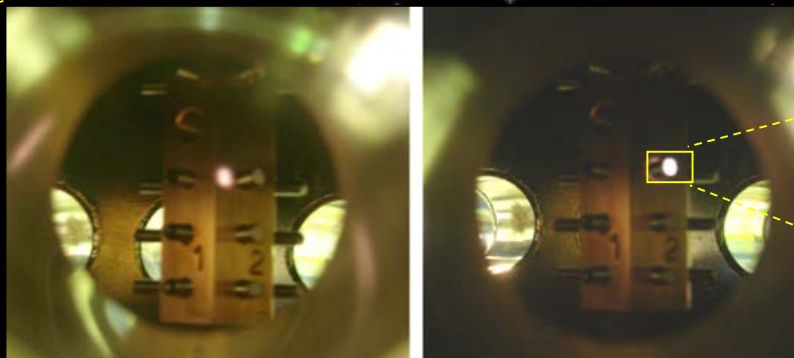
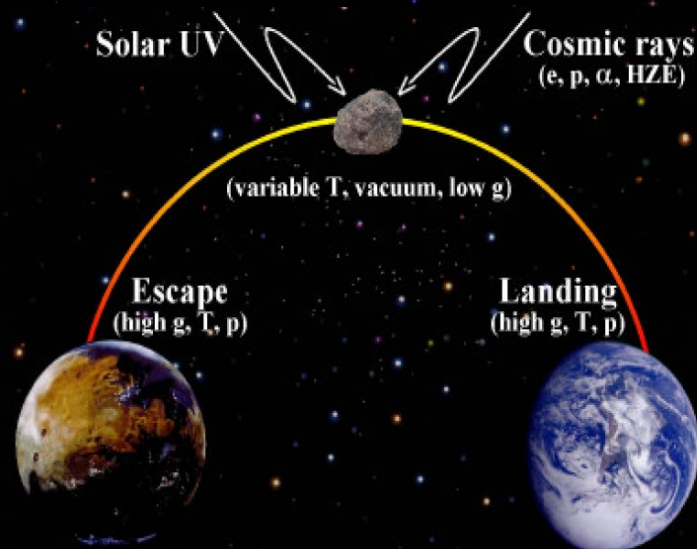
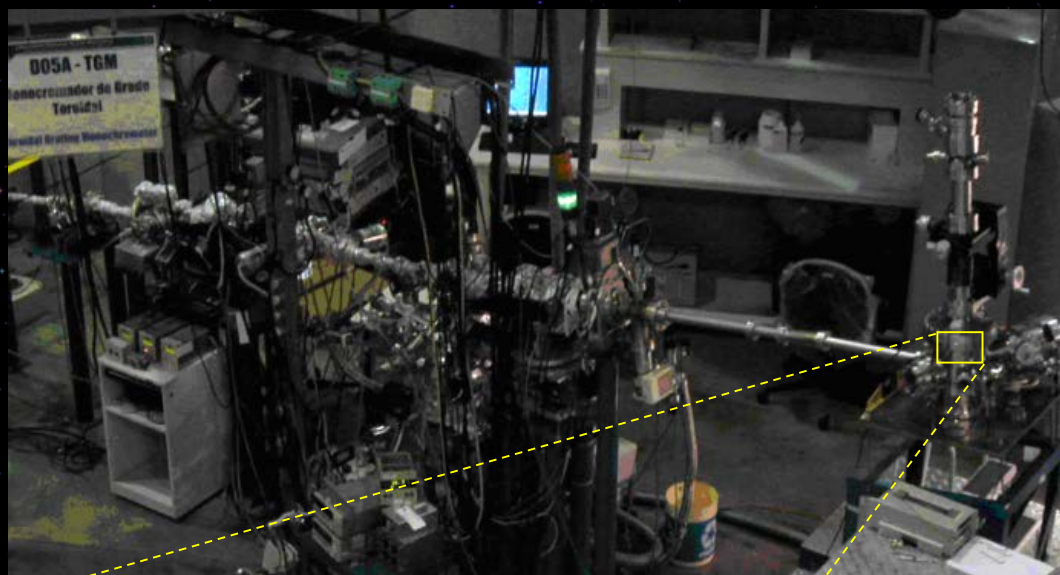
© 2009 Elsevier B.V. All rights reserved.

Table 4Examples of incubation conditions used to investigate biological response to simulated conditions.^a

	Incubation method	Temp. (°C)	Pressure (mbar)	Atmospheric composition (%)				Solar radiation		Reference
				CO ₂	N ₂	Ar	O ₂	(nm)	Lamp	
Present Mars	-	-123/25	7.6	95.3	2.7	1.6	0.13	>200	-	
1958	Anaerobic jar	-25/25	87	100	-	-	-	-	-	Fulton (1958)
1958	Anaerobic jar	-25/25	72	100	-	-	-	-	-	Kooistra et al. (1958)
1959	Anaerobic jar	-25/25	87	100	-	-	-	-	-	Davis and Fulton (1959)
1962	Anoxic tubes	-25/25	~0/87	100	-	-	-	-	-	Hawrylewicz et al. (1962)
1963	Anaerobic jar	-60/20	100	5	95	-	-	254	Mercury	Packer et al. (1963)
1963	Anoxic tubes	-75/25	1013	-	100	-	-	-	-	Young (1963)
1964	Anoxic tubes	-60/26	113	2.2	93.8	4	-	-	-	Hagen et al. (1964)
1965	Anoxic tubes	-65/25	113	2.2	93.8	4	-	-	-	Hawrylewicz et al. (1965)
1965	Mars facility	-60/25	100	0.25	95.5	0.25	-	200-2500	Xenon	Zhukova and Kondratyev (1965)
1967	Anoxic tubes	-65/28	113	2.2	93.8	4	±	-	-	Hagen et al. (1967)
1967	Tubes	-60/25	1013	0.03	78.1	0.93	20.9	254	Mercury	Imshenetsky et al. (1973)
1968	Mars facility	-64/28	100	-	100	-	-	240-280	Mercury	Belikova et al. (1968)
1968	Anoxic tubes	-65/30	10-40	37-100	13.27	21.30	-	-	-	Hawrylewicz, et al. (1968)
1969	Mars facility	18-20	7.1-60	-	99	-	<1	-	-	Lozina-Lozinsky and Bychenkova (1969)
1970	Mars facility	-65/30	20	67	30	3	-	200-300	Mercury	Hagen et al. (1970)
1971	Mars facility	-60/25	8	70	25	5	-	200-2500	Xenon	Green et al. (1971)
1971	Anoxic tubes	-25/25	13	99	-	-	-	-	-	Lozina-Lozinsky et al. (1971)
1973	Anoxic tubes	-60/28	7	80	-	20	-	-	-	Imshenetsky et al. (1973)
1974	-	-60/25	7	80	-	20	-	-	-	Forster and Winans (1974)
1978	Anoxic tubes	-65/24	7	99.9	-	-	0.01	-	-	Foster et al. (1978)
1979	Tubes	-10/25	0.001	-	100	-	±	+	Mercury/xenon	Oro and Holzer (1979)
1984	Mars facility	-80/25	7-9	95	2-3	1-2	<0.4	254	Mercury	Imshenetskii et al. (1984)
1992	Anoxic tubes	-70	13	95.52	2.73	1.62	0.13	-	-	Moll and Vestal (1992)
1995	Mars facility	-160/50	0.001	95.46	2.7	1.6	0.17	115-400	Hydrogen	Koike et al. (1995)
1996	Mars facility	60	10	95.46	2.7	1.6	0.17	115-400	Hydrogen	Koike et al. (1996)
1997	Mars facility	25	100	95.59	-	4.21	0.11	210-710	Xenon	Stoker and Bullock (1997)
1998	Tubes	-23/10	1013	-	-	-	-	-	-	McDonald et al. (1998)
2000	-	25	1013	0.03	78.1	0.93	20.9	200-400	Deuterium	Mancinelli and Klovstad (2000)
2003	Mars facility	-10	8.5	95.3	2.7	1.7	0.2	200-2500	Xenon	Schuerger et al. (2003)
2003	Mars facility	-60	6	98	-	-	-	-	-	Stan-Lotter et al. (2003)
2005	Mars facility	-10	8.5	100	-	-	-	200-2500	Xenon	Cockell et al. (2005)
2005	Mars facility	-95/12	9-13	77.5	8.7	-	1.3	200-2500	Xenon/Mercury	Hansen et al. (2005)
2005	Mars facility	20	12.5	100	-	-	-	120-180	Hydrogen	Nicholson and Schuerger (2005)

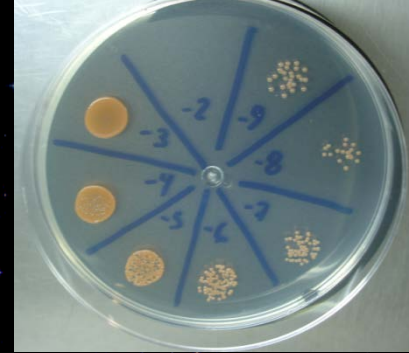
Experimentos de Sobrevivência de Microorganismos Extremófilos em Situação de Migração interplanetária (Panspermia).

- Lâmpada H (10.2 eV $\sim 10^{15}$ fóts./s) e Luz Síncrotron (TGM; 0.1-22 eV $\sim 10^{11}$ fótons/s);
- Bactérias Liofilizadas (*Deinococcus Radiodurans*; *E. Coli*)
- HV (10^{-6} mbar);

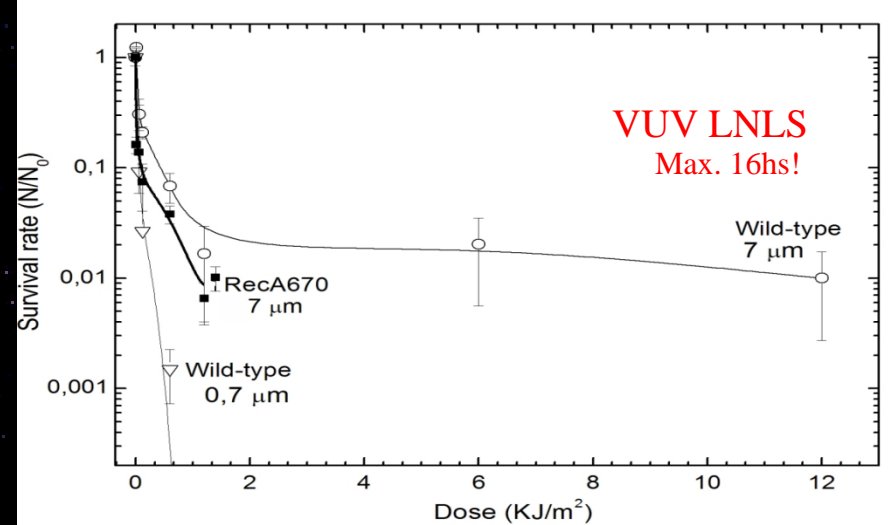
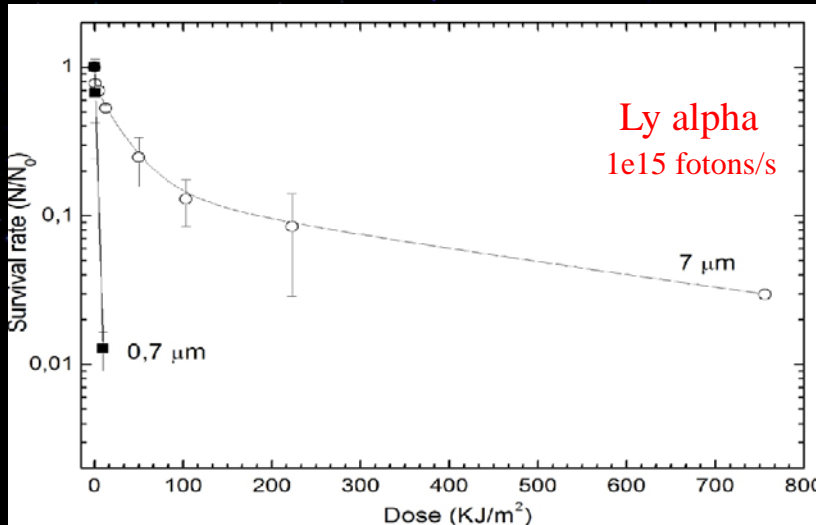


10^6 cel/ μ l de meio

Análises após as irradiações:



Resultados: Curva de Sobrevivência; Tempo de meia vida



Principais Conclusões:

- $\text{H}_2\text{O} + h\nu \rightarrow \text{Radicais livres} \rightarrow \text{Dano}$
- Mínima rugosidade permite grande sobrevivência e a liofilização garante grande resistência a radiação ionizante (poucos OH⁻)

G) Vida no contexto cósmico: Gaia o planeta vivo?

Hipótese Gaia – o Planeta Terra é um ser vivo - investigador britânico James E. Lovelock e a microbiologista Lynn Margulis em 1979.



The Gaia hypothesis is the idea that the entire **Earth is a single living organism.**



curiosity.im/GaiaHypothesis

Source: Universe Today

- Propriedades da vida!
- Auto regulado
 - Guardar informação
 - Movimentar
 - Evoluir
 - Resposta a estímulos
 - Reproduzir

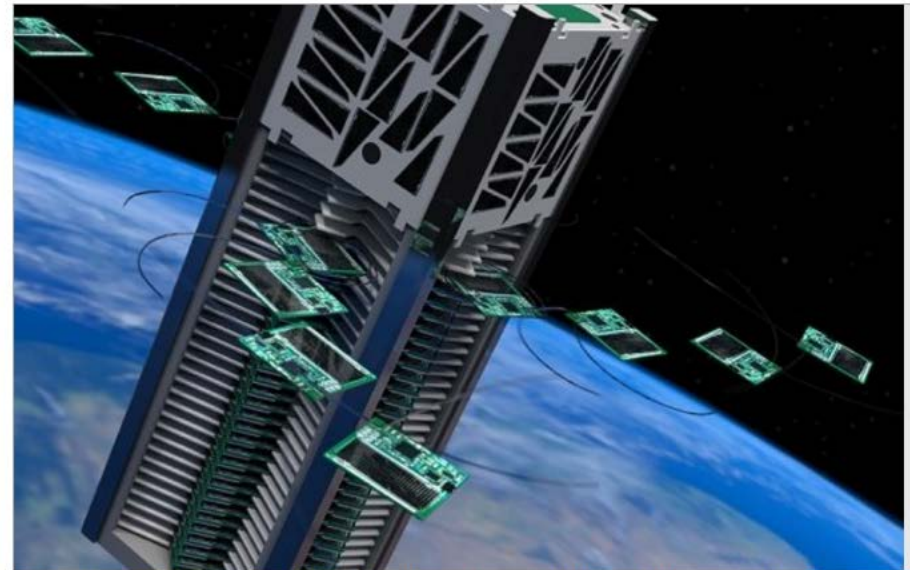
Conquista espacial: último passo para Gaia “viver”

Sondas espaciais lançadas no passado podem ter levado microorganismos (bactérias) em suas estruturas internas e sobre placas de circuitos eletrônicos. Só recentemente a preocupação em esterilizar 100% os equipamentos foi levada a sério.



Projeto Gênesis: Como semear vida em outros planetas

Com informações da Universidade Goethe - 14/10/2016



A ideia é usar nanonaves ou micronaves, dentro das quais haveria biochips - verdadeiros microlaboratórios genéticos - capazes de lançar os microrganismos no planeta desabitado. [Imagem: Ben Bishop]

Vida num contexto cósmico: Ser vivo ou “estar” vivo.

Um ser vivo seria aquela entidade que não depende de outras para possuir as propriedades presentes na definição de vida. Um “estar” vivo seria aquela entidade que depende de outros “estares” vivos ou seres vivos para possuir as propriedades presentes na definição de vida.

Sendo assim, entidades que produzem seu próprio alimento seriam classificadas como seres vivos e todas as outras como “estares” vivos inclusive nós humanos.

Nesse contexto, Gaia também poderia ser classificada como ser vivo (após o processo de panspermia induzida ser concretizado).



<https://winteroakextra.files.wordpress.com/2015/11/earth-eye.jpg>

Vida no contexto cósmico: Indivíduo e localidade.

O conceito de indivíduo está ligado com a individualidade e a capacidade de entidades fazer ações que as diferenciam de outras similares e também com características únicas das entidades, por exemplo, ter partes ou moléculas distintas (DNA). Entidades com DNAs diferentes constituiriam indivíduos distintos. É fácil perceber que cada ser humano é um indivíduo e que muitas espécies também são formadas por indivíduos, contudo para alguns “seres/estares” vivos isso não tão claro!!!

Por exemplo, imaginemos uma simples bactéria. A noção de indivíduo deixa de estar localizada na célula passa a estar no coletivo podendo estar tão delocalizado quanto consiga popular o planeta (dimensão global). Isso fica claro de perceber quando dizemos, por exemplo, que o DNA da bactéria *E. coli* aqui é o mesmo do que em Dubai ou na Austrália.

Extrapolando esse conceito para Gaia não teríamos problema em dizer que ela poderia ser um indivíduo de escala planetária.

Vida no contexto cósmico: Evolução artificial do homem e a “maquinaria celular” de Gaia

O homem é o único ser vivo no planeta capaz de alterar sua própria evolução (transcender a evolução natural / seleção natural) e ser regido por uma evolução “artificial” (feita pelo homem utilizando a razão, ciência e tecnologia).

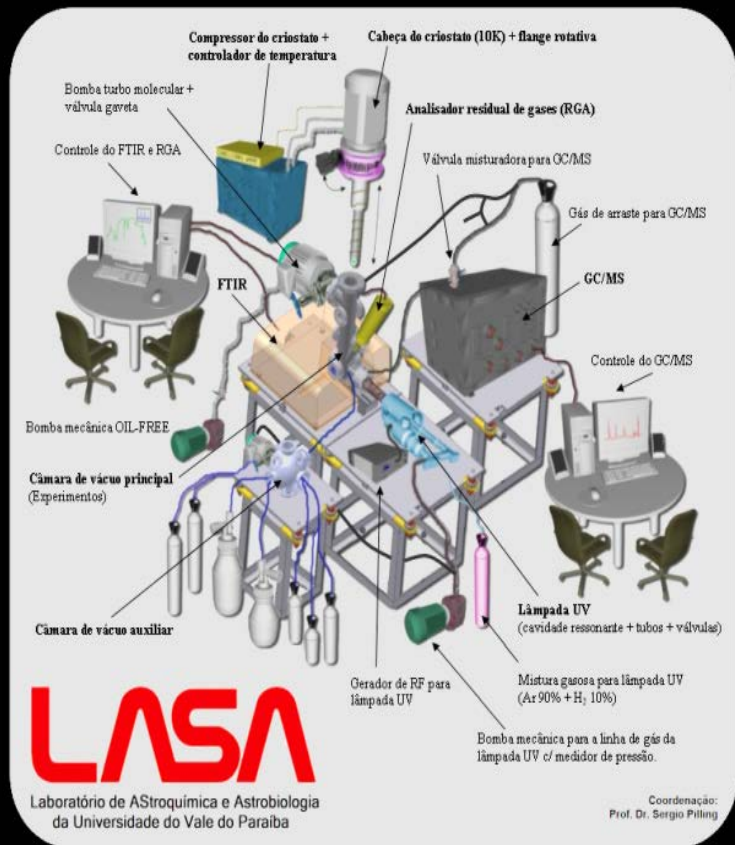
É fácil perceber que esse tipo de evolução artificial, além de provocar a modificação dos nossos corpos (geneticamente, fisiologicamente, mecanicamente) foi o pilar da conquista espacial. Em outras palavras podemos associar a evolução artificial do homem com o possível “nascimento” do nosso planeta como ser vivo (após processo panspermia induzida).

Fazendo um comparação com a biologia celular, o homem seria a organela responsável pela multiplicação celular e os computadores (internet, discos rígidos, memórias) responsáveis por carregar a informação do indivíduo (Gaia) para outro local, similar ao material genético, ou DNA nas células.

Bibliografia sugerida

- Notas de aula do curso de astrobiologia do Prof Sergio Pilling
www1.univap.br/spilling
- Horneck G. & Rettberg P., Complete Course in Astrobiology, Wiley-VCH, 2007.
- Gargaud M., Barbier B., Martin H. & Reisse J, Lectures in Astrobiology I part 1 –
The Early Earth and Other cosmic Habitats for Life, Springer, 2006.
- Gargaud M., Barbier B., Martin H., Reisse J, Lectures in Astrobiology I part 2 –
From Prebiotic Chemistry to Origin of Life on Earth, Springer, 2006.
- Gilmour I. & Spehton M. A., An Introduction to Astrobiology, The Open
University, Cambridge, 2004.
- Greenberg J.M., Mendoza-Gomez C.X. & Pirronelo V., The Chemistry of Life's
Origin, NATO ASI Series, Kluwer Academic Publishers, 1993.
- <http://deqb.ist.utl.pt/bbio/69/pdf/extremofilos.pdf>
- <http://streamiss.spaceflight.esa.int/?pg=production&dm=1&PID=alcn>
- <http://arjournals.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.astro.43.051804.102202>
- <http://atropos.as.arizona.edu/aiz/teaching/a204/extremophile.pdf>
- <http://www.eoearth.org/article/Extremophile?topic=49540>
- <http://www.itqb.unl.pt/~extremofilos/>

Estudantes (graduação e pós-graduação) e pós-docs são bem-vindos!



Contato: 12-992078050

12-39471102

sergiopilling@yahoo.com.br

Visite nossa página:

www1.univap.br/gaa/lasa.htm

Visite nosso canal no Youtube:

<https://www.youtube.com/channel/UC2HM6IOuq6rsII9v2EqCReA>

Visite nossa pagina no facebook:

<https://pt-br.facebook.com/LASA.Univap>



Obrigado pela atenção.
