

Agradecimentos

Estas aulas contou com o material do Professor Valter Líbero do IFSC-USP que teve a colaboração do Professor Roberto Boczko, do Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo, IAG-USP e da equipe do Centro de Divulgação da Astronomia, CDA

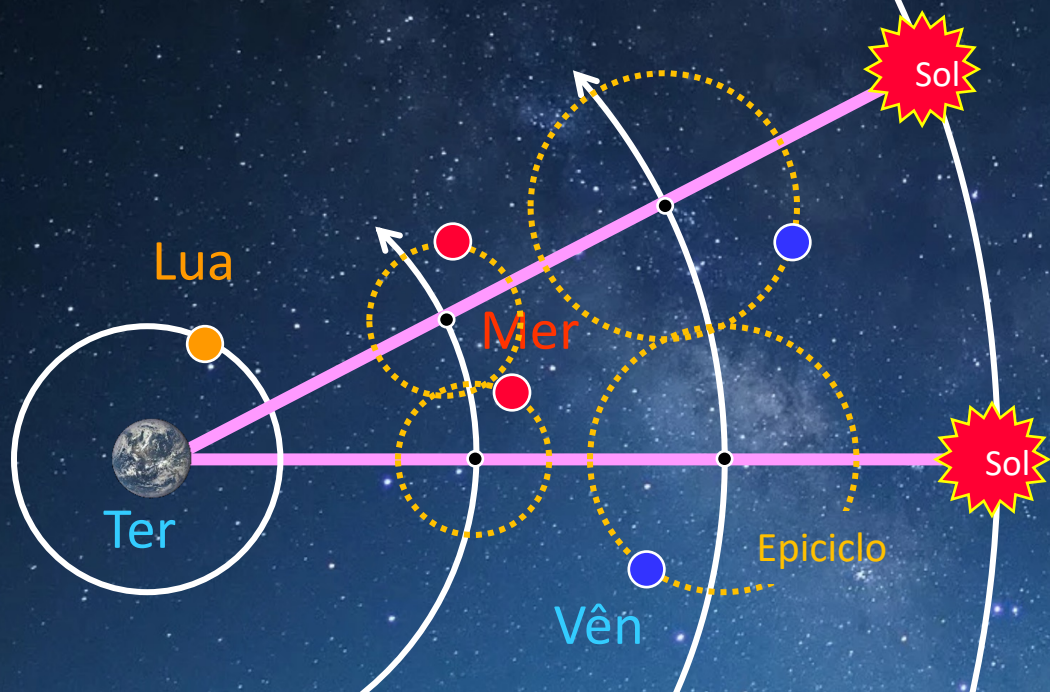


Astronomia - Licenciatura

Aula 6 - Sistemas Solar e Planetários:
introdução e classificação

Prof. Aion Viana

Geocentrismo com epiciclos



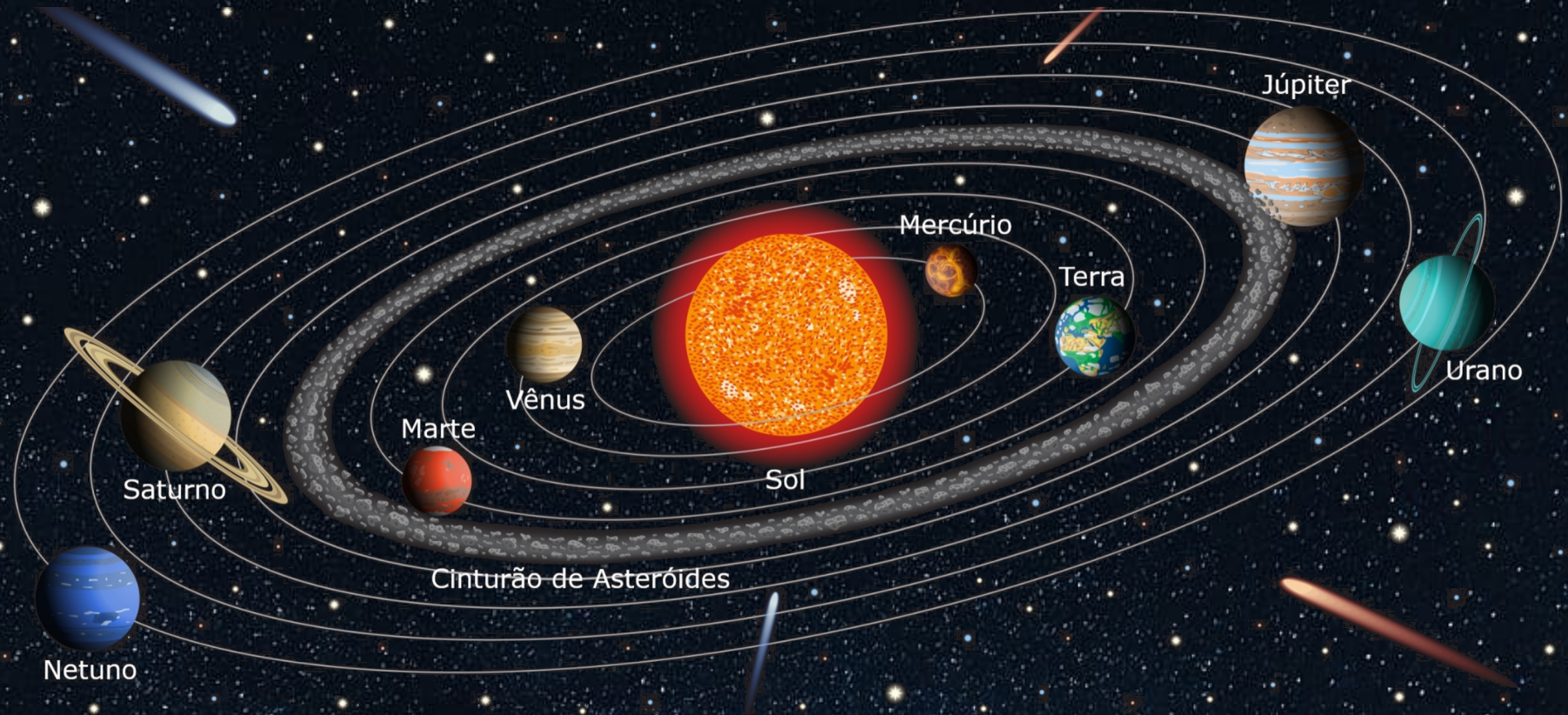
Foi o sistema usado pelos 1.500 anos seguintes!

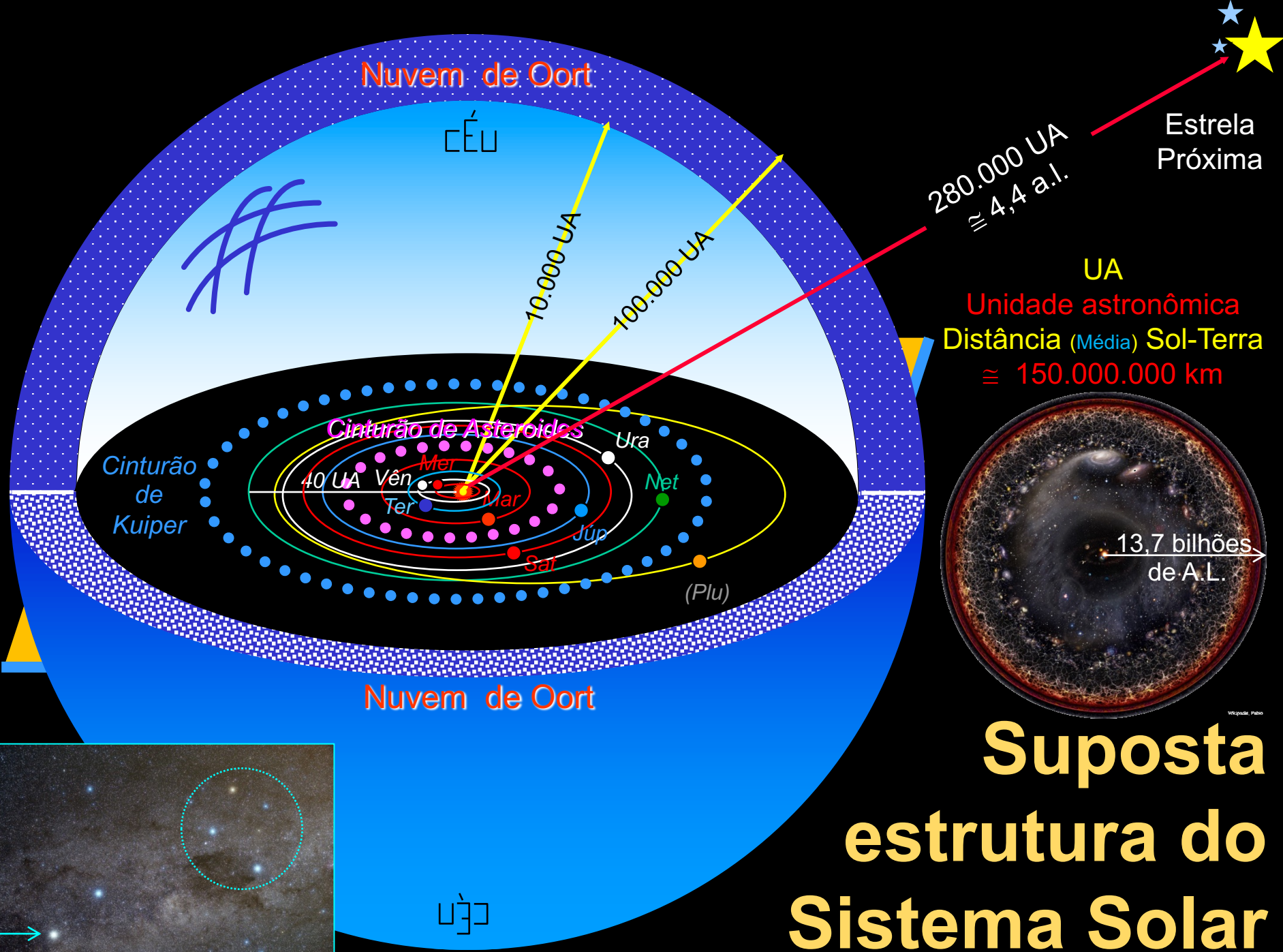
Ptolomeu
~85 d.C.



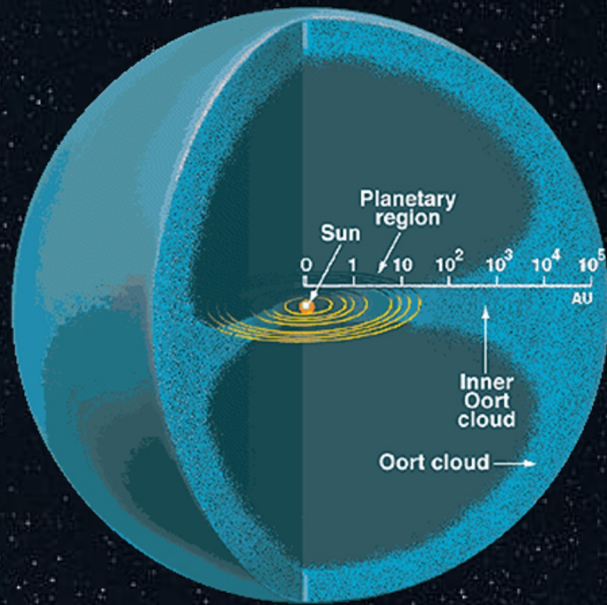
Sistema matematicamente trabalhoso!

Modelo heliocêntrico moderno





Wikipédia, Fábio



❖ Estrela

- Sol (ocorrem fusões nucleares no seu interior)

❖ Planetas clássicos

- Mercúrio
- Vênus
- Terra
- Marte
- Júpiter
- Saturno
- Urano
- Netuno



❖ Planetas anões (Objetos Plutonianos)

- Plutão
- Eris
- Ceres (não é plutoniano)
- Makemake
- Haumea

❖ Satélites

- Lua
- etc. (várias dezenas)

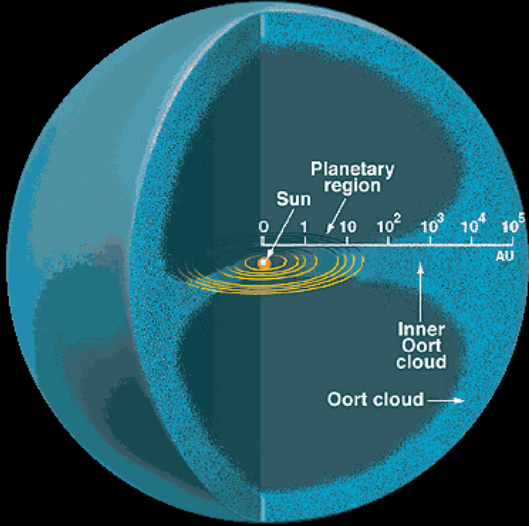
❖ Pequenos Corpos do Sistema Solar

- Cometas
- Asteroides
- Meteoroides
- Poeira interplanetária
- Gás interplanetário

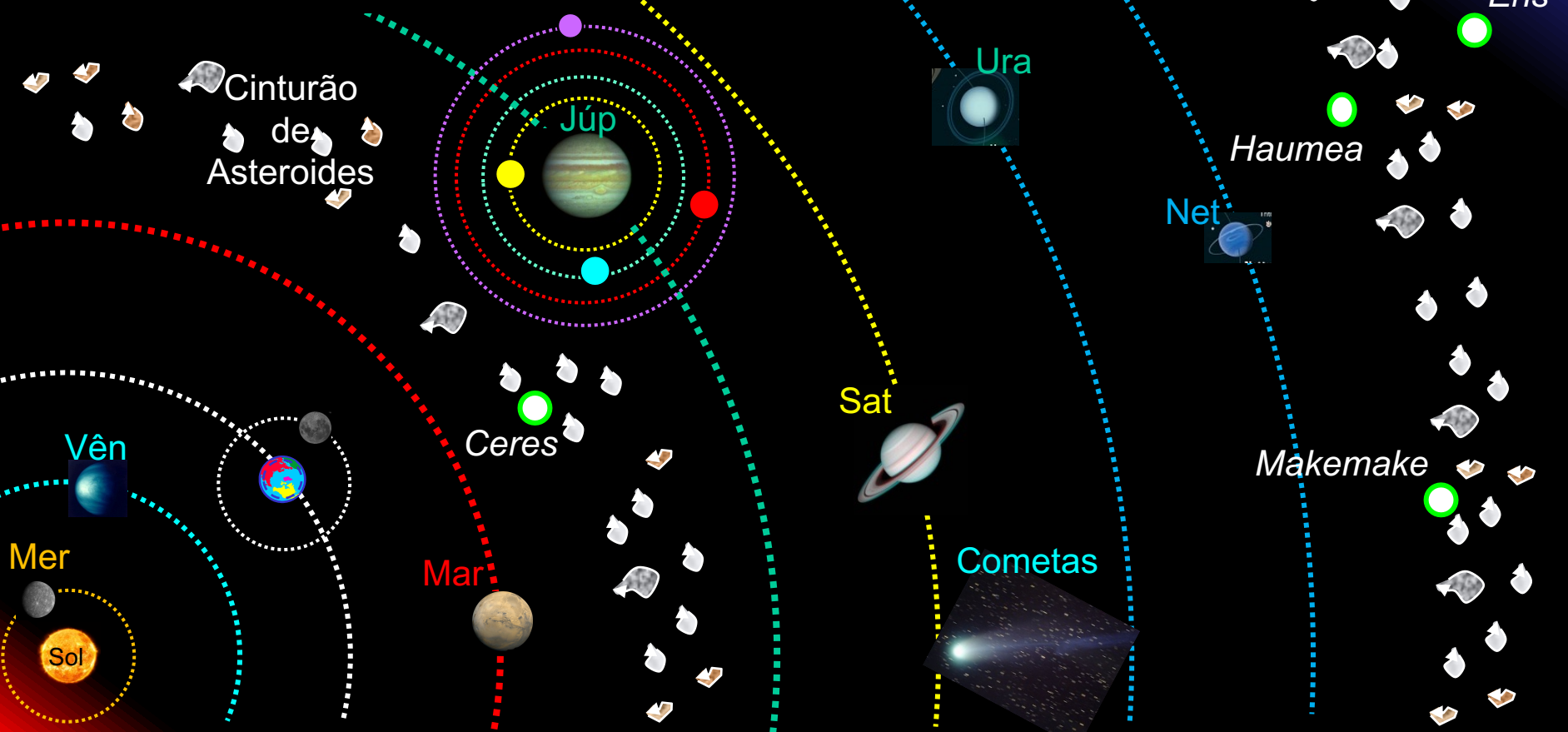
❖ Partículas carregadas (raios cósmicos)

❖ Campos magnéticos

Classes de objetos no Sistema Solar



Sistema Solar até o Cinturão de Kuiper



Estrela

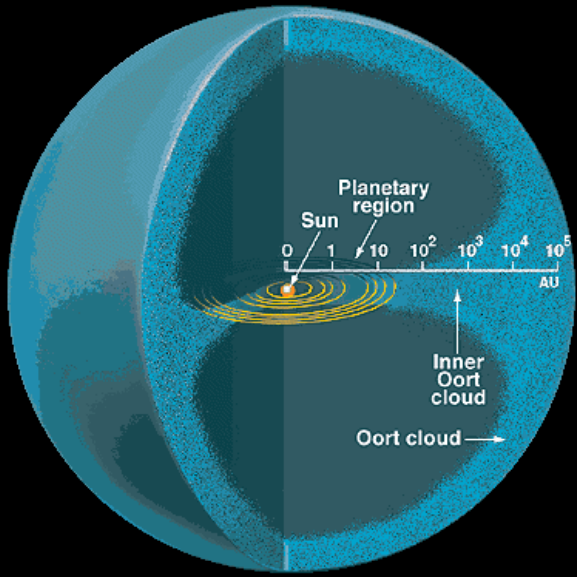
Planetas interiores e todos seus satélites

Cinturão de asteroides clássicos

Planetas exteriores e seus satélites maiores


Cinturão de Kuiper

Nuvem de Oort



Sistema Solar

Sistema Solar em % de massa



• Sol:	99,85	%
• Planetas:	0,135	%
• Cometas:	0,01	%
• Satélites:	0,000 05	%
• Planetoides:	0,000 000 2	%
• Meteoroides:	0,000 000 1	%
• Meio interplanetário:	0,000 000 1	%

Planetas

Diagrama de Euler

do Sistema Solar

Planetas-anões

Asteroides

Objetos transnetunianos

Plutoides

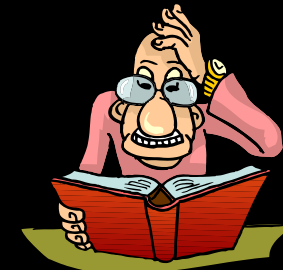
Pequenos corpos

Cometas

Meteoroide

Centaurus

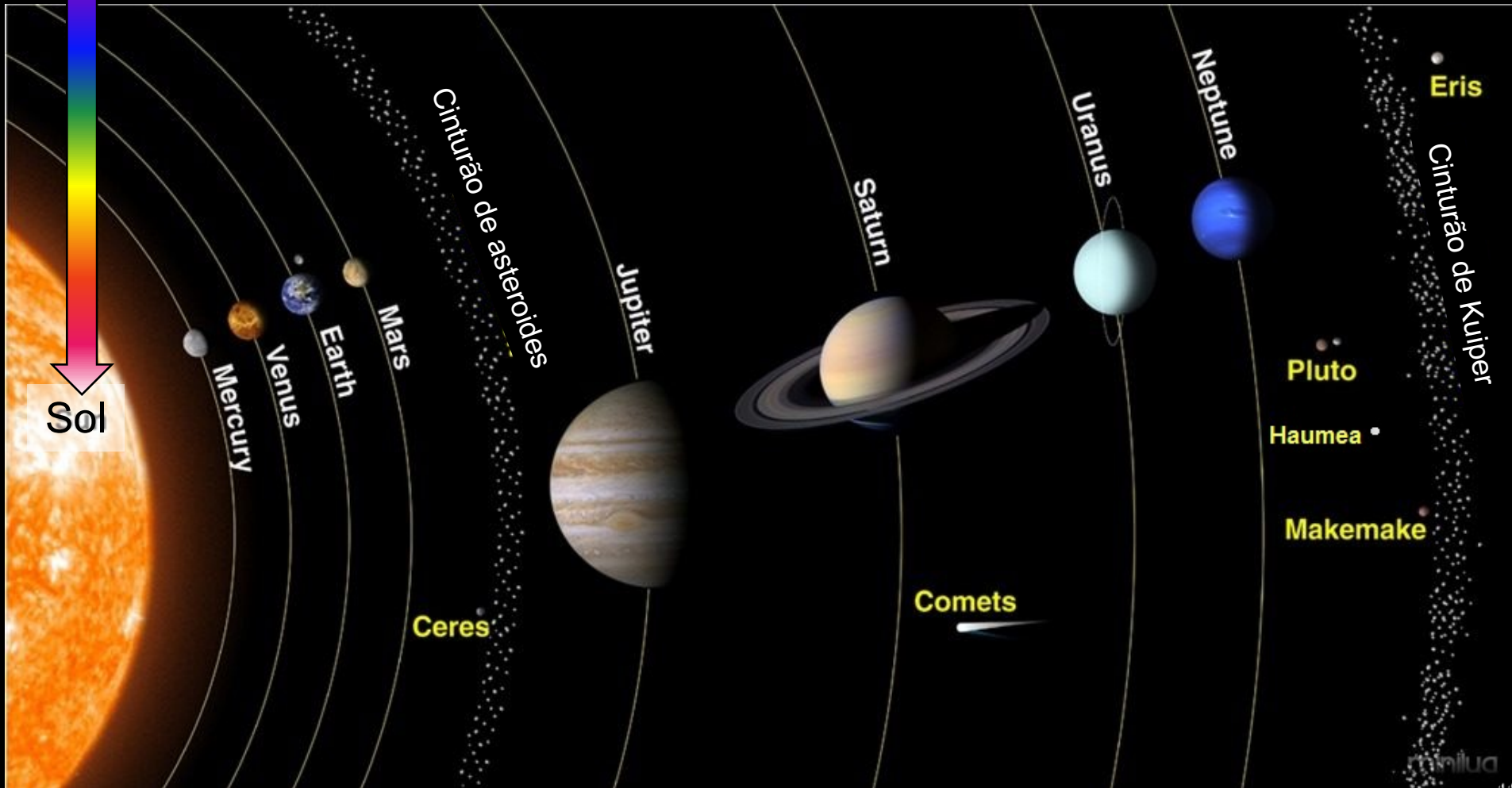
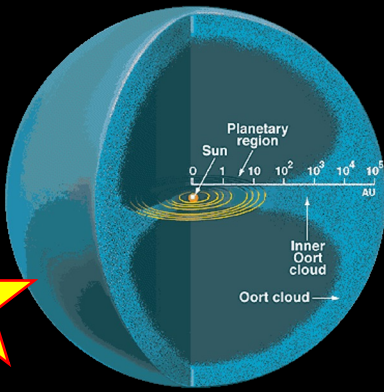
Satélites



Alguns objetos podem pertencer a mais de uma classe!
Falta precisão na definição!

Estrela

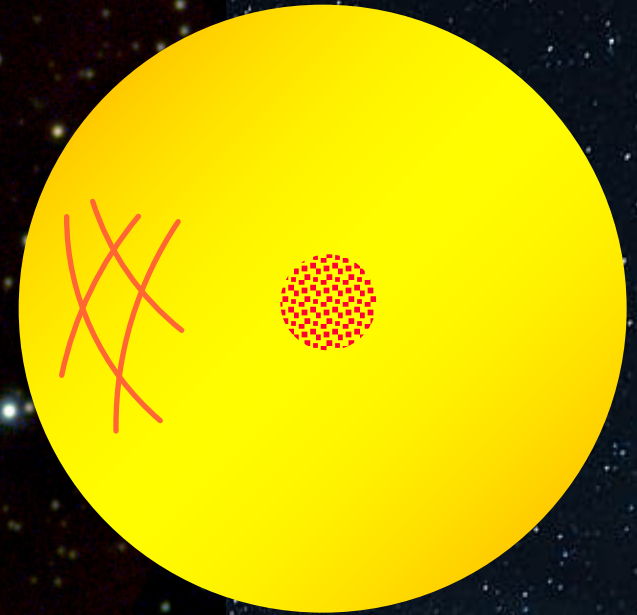
Sol



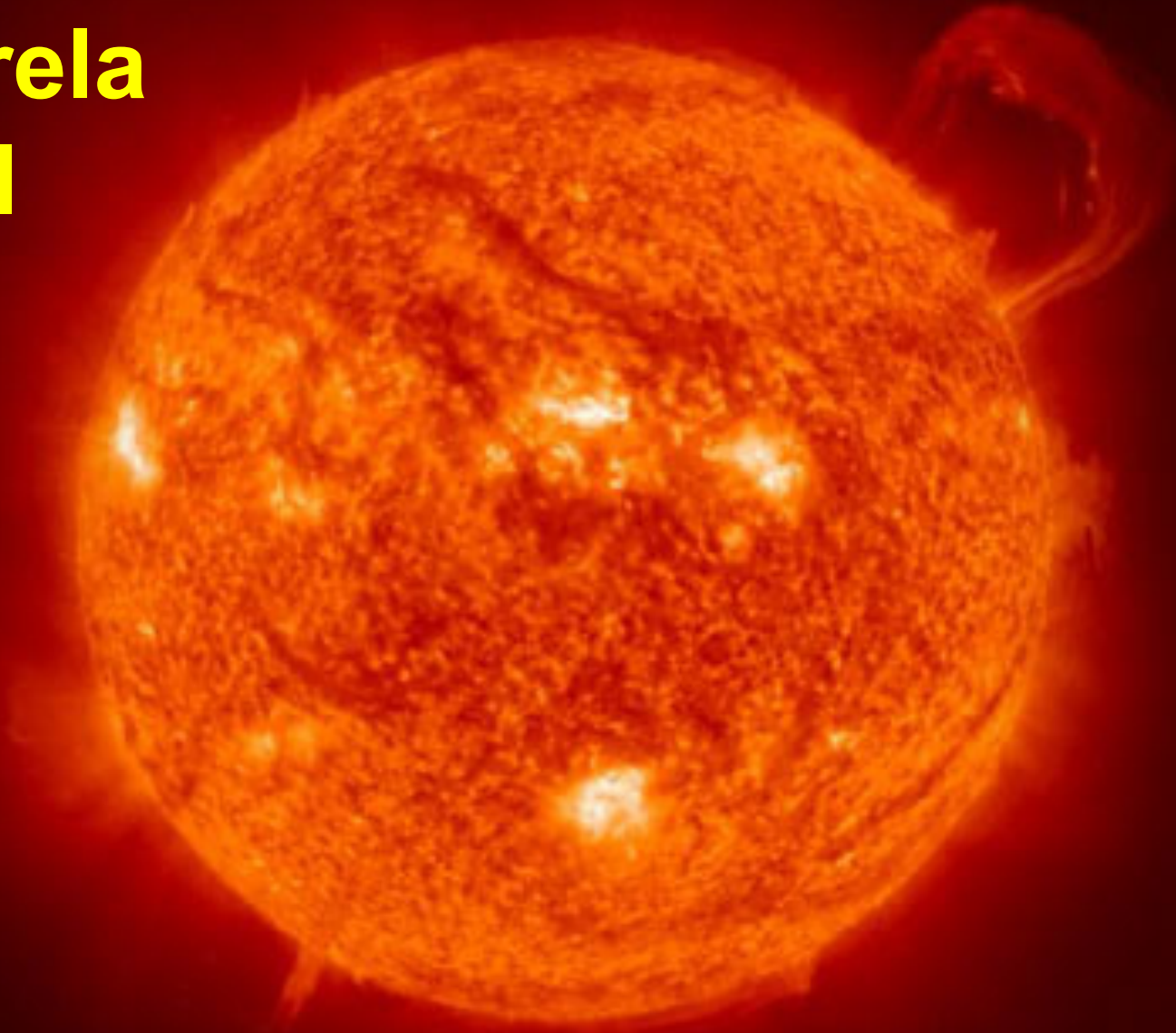
O que é uma estrela?



É um corpo esférico
gasoso
no interior do qual
ocorrem reações de
fusão nuclear formando
elementos químicos mais
pesados com geração de
energia (luz+calor).



A estrela Sol



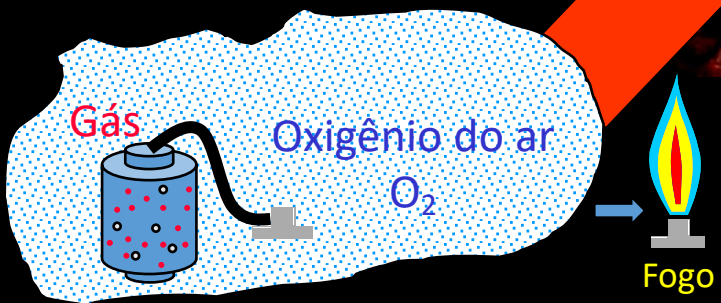
Hidrogênio + Hidrogênio → Hélio + Energia

O Sol não é uma bola de fogo!



Não ocorre combustão numa estrela, pois não existem combustíveis nem comburentes nela.

Numa estrela ocorrem fusões termonucleares que transformam elementos químicos mais leves em elementos químicos mais pesados.



Combustão é uma reação química.

Como identificar um planeta no céu?

- ❖ (praticamente) não cintila
- ❖ brilho aparente maior que o das estrelas
- ❖ se deslocam pelo Zodíaco

Exemplo: Marte na oposição de 2009/2010

Lado Leste
(Sol nascente)

05 jun 10

22 dez 09

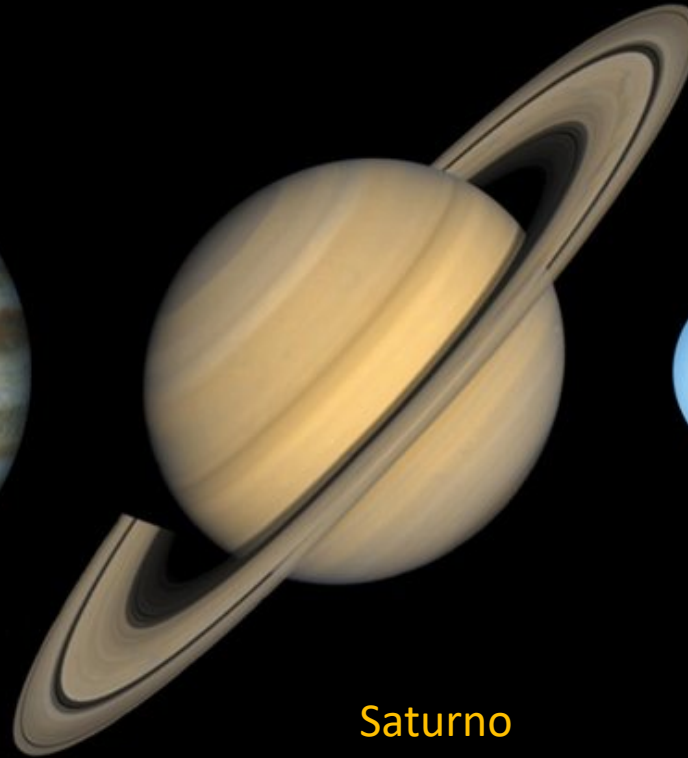
07 mar 10

02 out 09

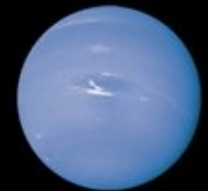
Lado Oeste
(Sol poente)

Planetas jovianos ou gasosos

Júpiter



Urano



Netuno

Saturno

Predominam
materiais
gasosos

Planetas telúricos ou terrestres

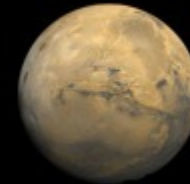
Mercúrio



Vênus



Terra



Marte

Predominam
materiais
rochosos

Principais satélites



Terra
(para comparação)

Lua

384.400

Tritão

Japeto

Encélado

Europa

Miranda

Calisto

Ganímedes

Io

Titã

Thetys

Dione

Mimas

Rhea

Titânia

Oberon

Caronte

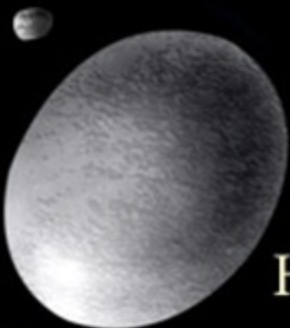
Para ser planeta o corpo deve:

- ❖ **Orbita em torno do Sol**
- ❖ **Tem massa suficiente para que sua auto-gravitação o torne aproximadamente esférico (eq. hidrost.)**
- ❖ **Ser o corpo dominante na sua órbita -> Absorveu grande parte da massa previamente existente em toda a região contígua à sua órbita**

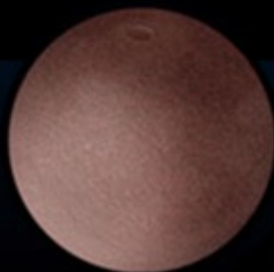
Planetas anões

(Terra e Lua
para
comparação)

Namaka



Makemake



Hi'iaka



Dysnomia



Haumea



Caronte



Eris

(68 UA)

Lua



Ceres

Terra

Plutão

(40 UA)



Cometa:

- bloco de gelo e rocha
- alguns quilômetros
- caudas apontam na direção contrária à do Sol



Asteroide:

- composto de rochas e metais
- tamanho >100 metros



Meteoroide:

- menor que um asteroide
- alguns entram na atmosfera terrestre



Meteoro:

- o rastro luminoso causado pela entrada do meteoróide
- “estrela cadente”



Meteorito:

- meteoróide que atinge a superfície



Planeta, planeta-anão e pequenos corpos

De acordo com a resolução 5A da 26a Assembleia Geral da “International Astronomical Union” de 24 de agosto de 2006,

(1) Um “planeta” clássico¹ é um corpo celeste que (a) está em órbita ao redor do Sol, (b) tem massa suficiente para sua gravidade superar as forças do corpo rígido de modo que assume forma (quase redonda) de equilíbrio hidrostático, e (c) limpou a vizinhança em torno de sua órbita.

(2) Um “planeta anão” é um corpo celeste que (a) está em órbita ao redor do Sol, (b) tem massa suficiente para sua gravidade superar as forças do corpo rígido de modo que assume forma (quase redonda) de equilíbrio hidrostático², (c) não limpou a vizinhança em torno de sua órbita e (d) não é um satélite.

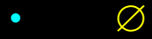
(3) Todos os outros objetos³, exceto satélites, orbitando o Sol serão referidos coletivamente como “Pequenos Corpos do Sistema Solar”.

¹ Os oito planetas clássicos são: Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano e Netuno.

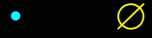
² Um processo na IAU será estabelecido para decidir a qual categoria pertence um objeto limítrofe.

³ Estes atualmente incluem a maioria dos asteroides do Sistema Solar, a maioria dos Objetos Trans-Neptunianos, cometas e outros pequenos corpos.

Mercúrio (0)



Vênus (0)



Terra (1)

- 1. Lua

Marte (2)

- 1. Fobos
- 2. Deimos

Júpiter (79)

- 1. Io
- 2. Europa
- 3. Ganymede
- 4. Callisto
- 5. Amalthea
- 6. Himalia
- 7. Elara
- 8. Pasiphae
- 9. Sinope
- 10. Lysithea
- 11. Carme
- 12. Ananke
- 13. Leda
- 14. Thebe
- 15. Adrastea
- 16. Metis
- 17. Callirrhoe
- 18. Themisto
- 19. Megaclite
- 20. Taygete
- 21. Chaldene
- 22. Harpalyke
- 23. Kalyke
- 24. Iocaste
- 25. Erinome
- 26. Isonoe
- 27. Praxidike
- 28. Autonoe
- 29. Thyone
- 30. Hermippe
- 31. Aitne
- 32. Eurydome
- 33. Euanthe
- 34. Sponde
- 35. Kale
- ...

Saturno (82)

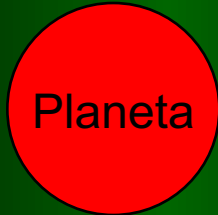
- 1. Mimas
- 2. Enceladus
- 3. Tethys
- 4. Dione
- 5. Rhea
- 6. Titan
- 7. Hyperion
- 8. Iapetus
- 9. Phobe
- 10. Janus
- 11. Epimetheus
- 12. Helene
- 13. Telesto
- 14. Calypso
- 15. Atlas
- 16. Prometheus
- 17. Pandora
- 18. Pan
- 19. Ymir
- 20. Paaliaq
- 21. Tarvos
- 22. Ijirak
- 23. Kiviuk
- 24. Albiorix
- 25. Erriapo
- 26. Siarnaq
- ...
- 82.

Urano (27)

- 1. Ariel
- 2. Umbriel
- 3. Titania
- 4. Oberon
- 5. Miranda
- 6. Cressida
- 7. Desdemona
- 8. Juliet
- 9. Portia
- 10. Rosalind
- 11. Belinda
- 12. Puck
- 13. Caliban
- 14. Sycorax
- ...
- 27.

Netuno (14)

- 1. Triton
- 2. Nereid
- 3. Despina
- 4. Galatea
- 5. Larissa
- 6. Proteus
- ...
- 14.



Planeta



Satélite

Satélites



Até 2019

Ceres (0)



Makemake (0)



'Satélites' dos planetas-anões

Plutão (5)

- 1. Caronte
- 2. Nix
- 3. Hydra
- 4. P4
- 5. P5



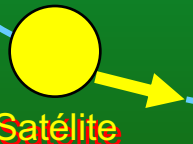
Planeta anão

Eris (1)

- 1. Dysnomia

Haumea (2)

- 1. Namaka
- 2. Hi'iaka



Satélite



Até 2013

Características dos Planetas

	Telúricos	Jovianos
	Mer Vên	Júp Sat
	Ter Mar	Ura Net
Composição básica	Rochoso	Gás/líq/gelo
Dis. orbital média (UA)	0,39 - 1,52	5,2 - 30,1
Temperatura superf. média	-70 : +500 C	-200 : -100 C
Massa (Terra=1)	0,055 - 1,0	14,5 - 318
Raio equatorial (Terra=1)	0,38 - 1,0	3,88 - 11,2
Densidade média (g/cm³)	3,95 - 5,52	0,69 - 1,64
Período de rotação (equador)	23,9h - 243 d	9,8 - 19,2 h
Satélites conhecidos	0 - 2	14 - 80
Sistema de anéis	não	sim

Dados Físicos

<i>Planeta</i>	<i>Diâmetro</i>	<i>Dens. Méd.</i>	<i>Temp. Méd.</i>	<i>Composição</i>
<i>Mercúrio</i>	<i>4872 Km</i>	<i>5,43 g/cm³</i>	<i>250 °C</i>	<i>Rochoso</i>
<i>Vênus</i>	<i>12104 Km</i>	<i>5,25 g/cm³</i>	<i>447 °C</i>	<i>Rochoso</i>
<i>Terra</i>	<i>12756 Km</i>	<i>5,52 g/cm³</i>	<i>22 °C</i>	<i>Rochoso</i>
<i>Marte</i>	<i>6787 Km</i>	<i>3,94 g/cm³</i>	<i>- 70 °C</i>	<i>Rochoso</i>
<i>Júpiter</i>	<i>142800 Km</i>	<i>1,33 g/cm³</i>	<i>- 150 °C</i>	<i>Gasoso</i>
<i>Saturno</i>	<i>120536 Km</i>	<i>0,75 g/cm³</i>	<i>- 180 °C</i>	<i>Gasoso</i>
<i>Urano</i>	<i>51800 Km</i>	<i>1,29 g/cm³</i>	<i>- 210 °C</i>	<i>Gasoso</i>
<i>Netuno</i>	<i>49528 Km</i>	<i>1,71 g/cm³</i>	<i>- 213 °C</i>	<i>Gasoso</i>
<i>Plutão</i>	<i>± 2351 Km</i>	<i>2,03 g/cm³ (?)</i>	<i>- 233 °C</i>	<i>Rochoso</i>

Dados orbitais: planetas e planetas anões

Planeta	Rotação	Translação	Dist. Média Sol	Inclinação
Mercúrio	59 dias	88 dias	57,9 milhões km	0.1°
Vênus	243 dias	225 dias	108,2 milhões km	- 2°
Terra	23 ^h 56 ^{min}	365,25 dias	149,6 milhões km	23° 27'
Marte	24 ^h 37 ^{min}	687 dias	227,9 milhões km	25°
Júpiter	09 ^h 50 ^{min}	11,86 anos	778,3 milhões km	3° 05'
Saturno	10 ^h 14 ^{min}	29,5 anos	1,42 bilhões km	26° 44'
Urano	17 ^h 14 ^{min}	84 anos	2,9 bilhões km	98°
Netuno	16 ^h 07 ^{min}	164,8 anos	4,5 bilhões km	28° 48'
Planetas Anões:				
Ceres	0,38 dias	4,6 anos	414 milhões km	
Plutão	6,38 dias	248 anos	5,9 bilhões km	- 120°
Haumea	0,16 dias	285 anos	6,5 bilhões km	
Makemake	0,32 dias	310 anos	6,9 bilhões km	
Eris	0,16 dias	558 anos	10,1 bilhões km	

Plano da eclíptica

Vista de topo
(projecção no
Plano da Eclíptica)

Órbitas

e

inclinações

Eclíptica

Eclíptica

Eclíptica

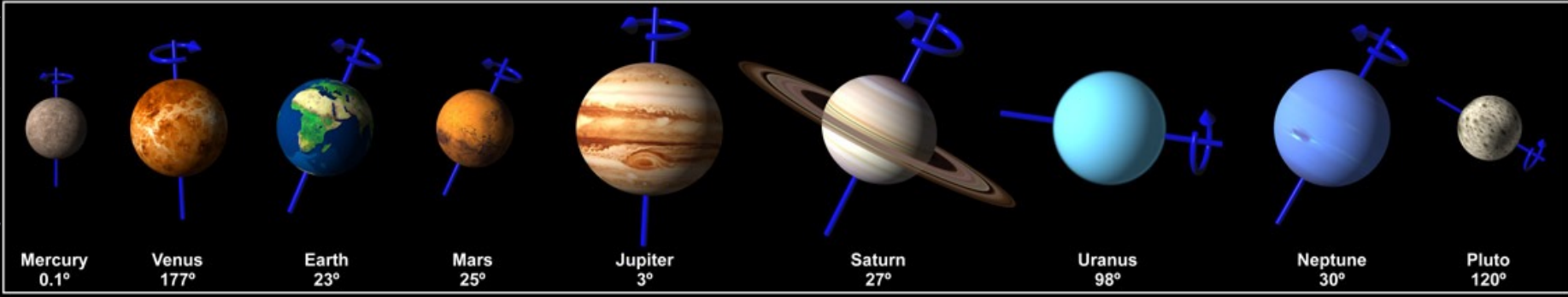
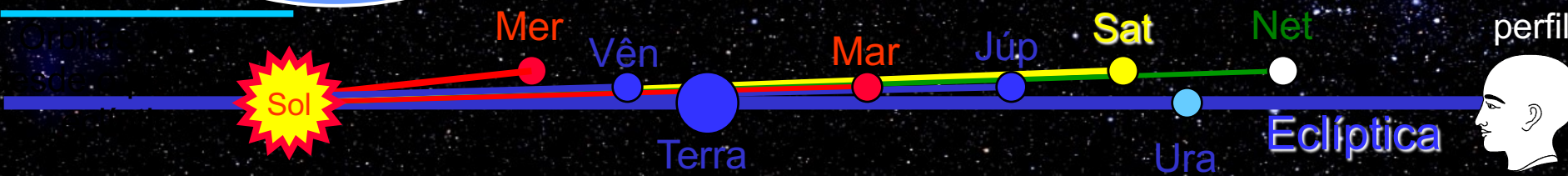
Vista de perfil

Eclíptica

Inclinações aproximadas dos planos orbitais dos planetas

Mer	7,0 ⁰
Vên	3,4
Ter	0
Mar	1,8
Júp	1,3
Sat	2,5
Ura	0,8
Net	1,2
Plu	~17

Plan. Anão



	Sun	Mercury	Venus	Earth	Moon	Mars	Ceres	Jupiter	Saturn	Uranus	Neptune	Pluto	Makemake	Haumea	Eris
	star (G2V)	planet	planet	planet	satellite	planet	dwarf planet	planet	planet	planet	planet	dwarf planet	dwarf planet	dwarf planet	dwarf planet
Diameter (km)	1,392,000	4,879.4	12,103.6	12,742	3,476.3	6,792.4	974.6	14,2984	120,536	51,118	49,528	2,390	1,500	1,500	2,600
Mass (10 ²⁴ kg)	1,989,100	0.33	4.87	5.97	0.073	0.64	0.000943	1898.6	568.46	86.81	102.43	0.013	0.0004	0.0042	0.0167
Temperature, min (°C)	5,505	−173	462	−89	−173	−87	−106	−161	−189	−224	−218	−240	−243	−241	−243
Temperature, max (°C)	17,000,000	427	462	58	117	−5	−106	−161	−189	−216	−218	−218	−238	−241	−218
Rotation period (days)	25.1	58.6	−243.0	1.0	27.3	1.0	0.4	0.4	0.4	−0.7	0.7	−6.4	?	0.163	0.3
Axial tilt (°)	—	0.04	177.3	23.4	6.7	25.2	3	3.1	26.7	97.8	28.3	119.6	?	?	?
Surface gravity (m.s ²)	274.0	3.7	8.9	9.8	1.6	3.7	0.3	24.8	9.0	8.7	11.2	0.6	~0.5	0.4	~0.8
Escape velocity (km.s ^{−1})	617.7	4.3	10.5	11.2	2.38	5.0	0.5	59.5	35.5	21.3	23.5	1.2	~0.8	0.84	?
Surface area (10 ⁶ km ²)	6,087,700	75	460	510	37.9	145	3	62,180	42,700	8,116	7,641	18	~7		21
Volume (10 ¹² km ³)	1,412,200	0.06	0.9	1.1	0.02	0.16	0.0005	1431	827	68	63	0.007	~0.002		0.009
Density (kg.m ³)	1.41	5.41	5.19	5.51	3.35	3.93	1.89	1.33	0.69	1.27	1.64	1.86	~2	~3	~2
Albedo	—	0.11	0.65	0.37	0.12	0.15	0.09	0.52	0.47	0.51	0.41	0.58	?	0.6	0.86
Apparent magnitude (V)	−26.7	−1.9	−4.6	—	−12.9	−2.9	6.9	−2.9	−0.2	5.3	7.8	13.7	16.7	17.5	18.7
Angular diameter, max. (")	1,962.0	13.0	66.0	—	2,046	25.1	0.8	50.1	20.1	4.1	2.4	0.1	0.02	0.02	0.04
Rings	—	no	no	no	no	no	no	yes	yes	yes	yes	no	no	no	no
Satellites	billions!	0	0	1	no	2	0	63	60	27	13	3	0	2	1
Orbits the:	Milky Way	Sun	Sun	Sun	Earth	Sun	Sun	Sun	Sun	Sun	Sun	Sun	Sun	Sun	Sun
Perihelion (10 ⁶ km)	—	46	107.5	147.1	0.363	206.7	381.4	740.5	1,352.6	2,741.3	4,452.9	4,436.8	5,760.8	5,260	5,650
Aphelion (10 ⁶ km)	—	69.8	108.9	152.1	0.406	249.2	447.8	816.6	1,514.5	3,003.6	4,554	7,376	7,939.7	7,708	14,600
Semimajor axis (AU)	—	0.4	0.7	1.0	0.003	1.5	2.8	5.2	9.6	19.2	30.1	39.5	45.8	43.3	67.7
Eccentricity	—	0.21	0.01	0.02	0.06	0.09	0.08	0.05	0.06	0.05	0.01	0.25	0.16	0.19	0.44
Inclination (°)	—	7.0	3.4	0	5.1	1.9	10.6	1.3	2.5	0.8	1.8	17.1	29.0	28.2	44.2
Orbital period (days)	—	88.0	224.7	365.3	27.3	687.0	1,679.8	4,331.6	10,832.3	30,799	60,190	90,613	113,183	104,234	203,600
Orbital period (years)	—	0.2	0.6	1.0	0.1	1.9	4.6	11.9	29.7	84.3	164.8	248.1	309.9	285.4	557.4
Orbital velocity (km.s ^{−1})	—	47.9	35.0	29.8	1.0	24.1	17.9	13.1	9.7	6.8	5.4	4.7	4.4	4.5	3.4
Discovery (year)	—	—	—	—	—	-----	1801	—	—	1781	1846	1930	2005	2004	2003

