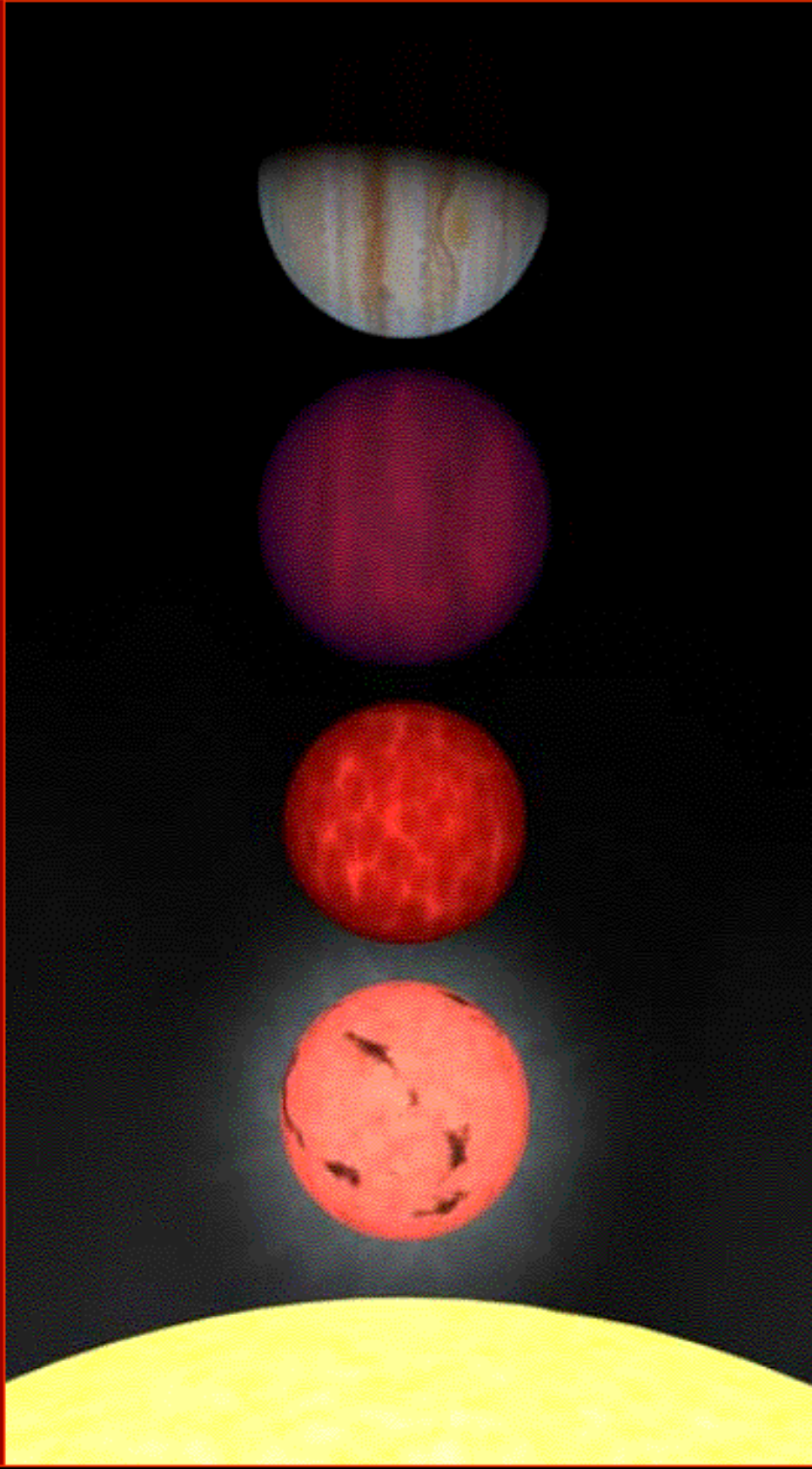


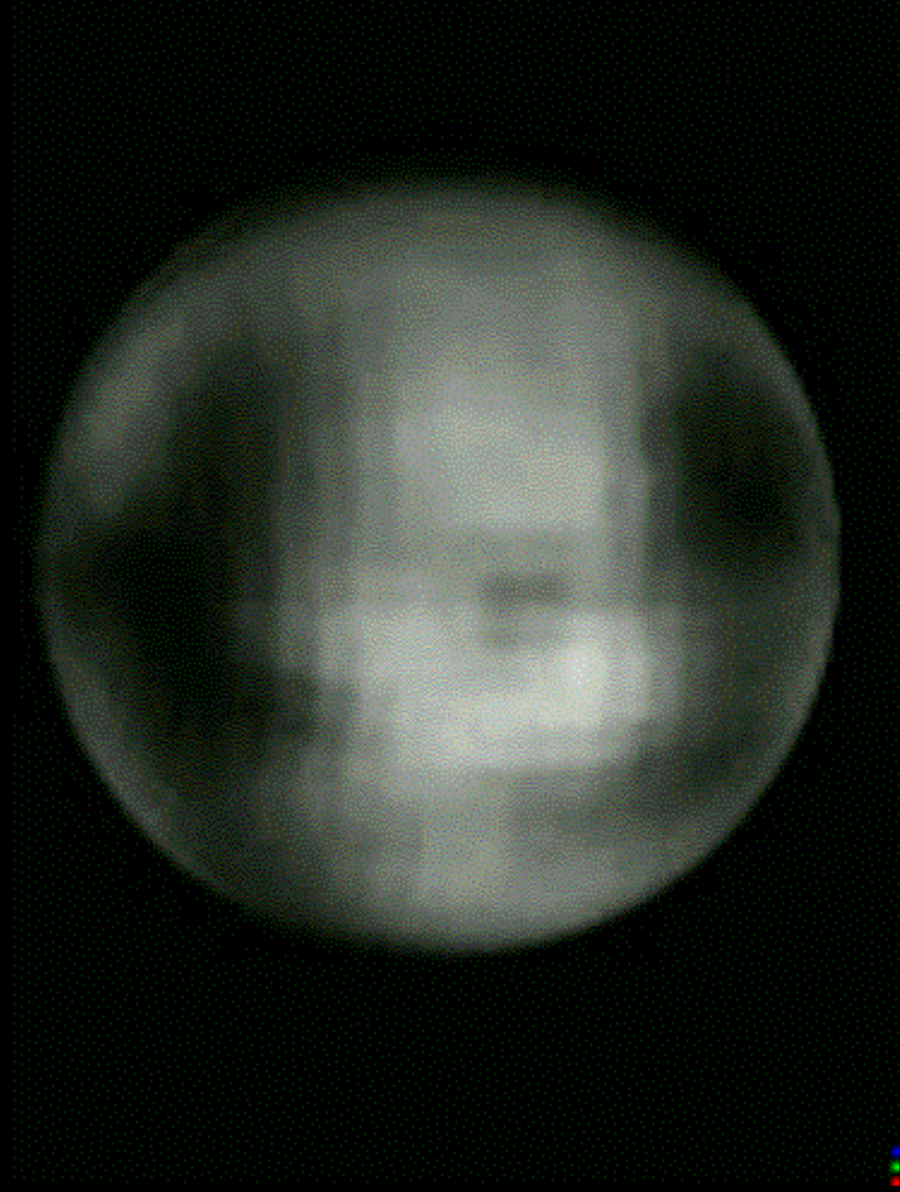
O que é planeta?



Enos Picazzio

IAGUSP (Setembro / 2006)

É ou não planeta? E por que?



Resolução da União Astronômica Internacional

Ernos Picazzio
lug 05 p
setembro 2006

- (1) Um **planeta** é um corpo celeste que:
 - a) está em órbita ao redor do Sol,
 - b) tem massa suficiente para que sua auto-gravitação supere as forças da sua rigidez fazendo-o entrar em equilíbrio, hidrostático (forma aproximadamente esférica), e
 - c) tenha limpado as vizinhanças 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 que sua auto-gravitação supere as forças da sua rigidez fazendo-o entrar em equilíbrio hidrostático (forma aproximadamente esférica),
 - c) **não** tenha limpado as vizinhanças de sua órbita, e
 - d) **não é satélite**.
- (3) Todos os demais objetos que orbitam o Sol serão referidos coletivamente como **Pequenos Corpos do Sistema Solar**.

Resolução da União Astronômica Internacional

Ernos Picazzio
lug 05 p
setembro 2006

Onde está o limite entre
planeta anão e corpo pequeno?



Bem...este é um assunto que fica
para a próxima vez!
"Assembléia Geral da IAU em 2009"

União Astronômica Internacional

Enos Rizzato
wg-us-p
Setembro 2006

Minor Planet Center (MPC-IAU): Plutão → **134340 Plutão**

Tim Spahr (Director Interino MPC): *é uma questão de coerência. Ceres está catalogado como "planeta menor" e fará parte do novo catálogo de "planeta anão". O mesmo deve ocorrer com Plutão e outros.*

IAU (http://www.iau2006.org/mirror/www.iau.org/iau0601/iau0601_Q_A.html)

Q: Is the term "minor planet" still to be used?

A: No. The term "minor planet" is no longer to be used for official IAU purposes. The term will be replaced by "small Solar System bodies."

Q: Why is the term "minor planet" being replaced by "small Solar System bodies"?

A: Under the new definition of "planet", nearly all objects currently called "minor planets" are not planets. For IAU purposes, a definition and name is needed that clearly distinguishes between objects that are officially recognized as planets and those that are not.

Ou seja: planeta anão não é planeta!

Esquisito?

Pode ser, mas os astrônomos não estão sós

Erros Picozzio
lugus p
setembro 2006



Porquinho-da-índia
não é porquinho!



Cavalo-marinho
não é cavalo!



Peixe-boi não é boi!



Elefante-marinho
não é elefante!

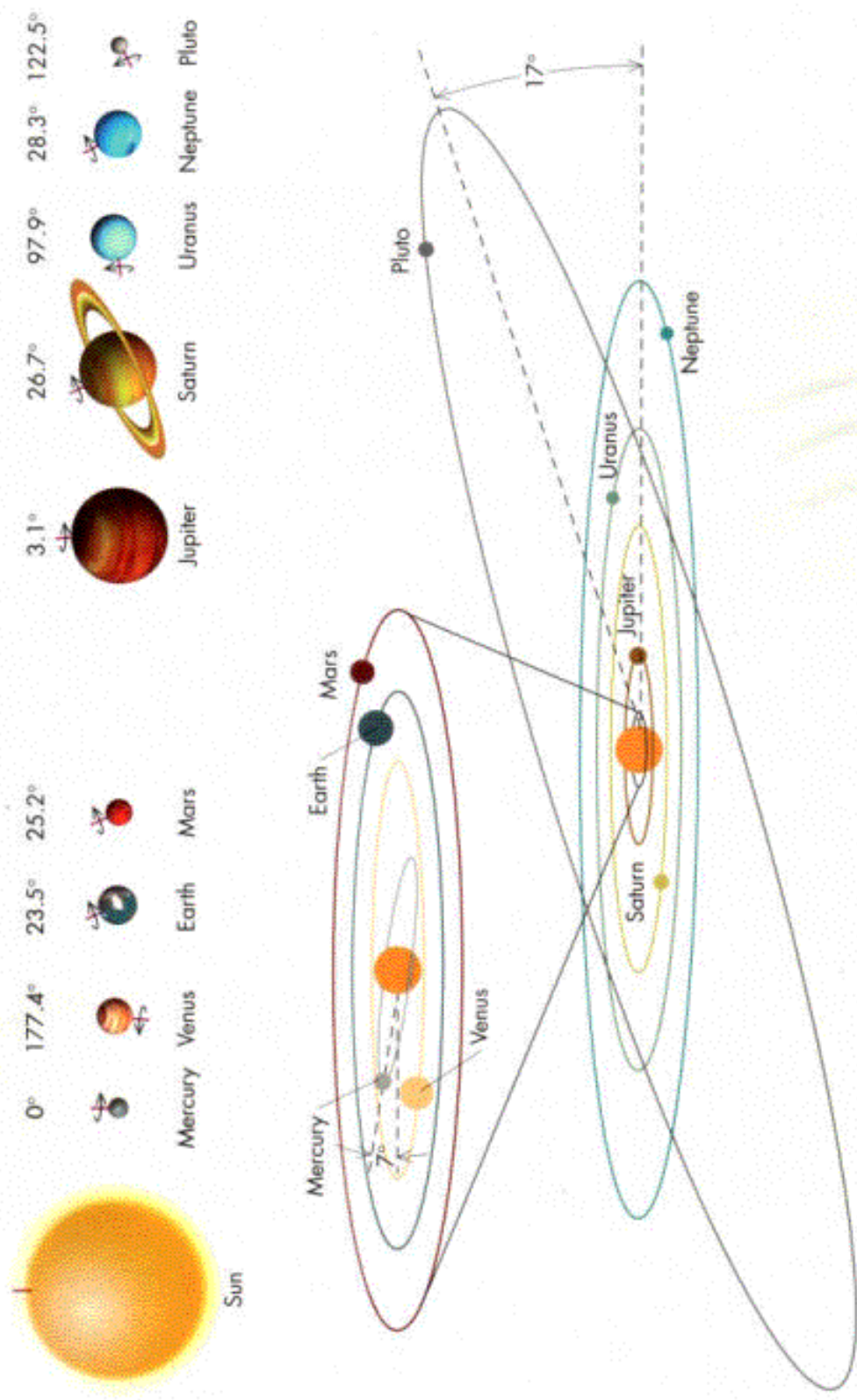


Leão-marinho
não é leão!

Porco-espinho não é porco, nem espinho!

A estrutura do Sistema Solar

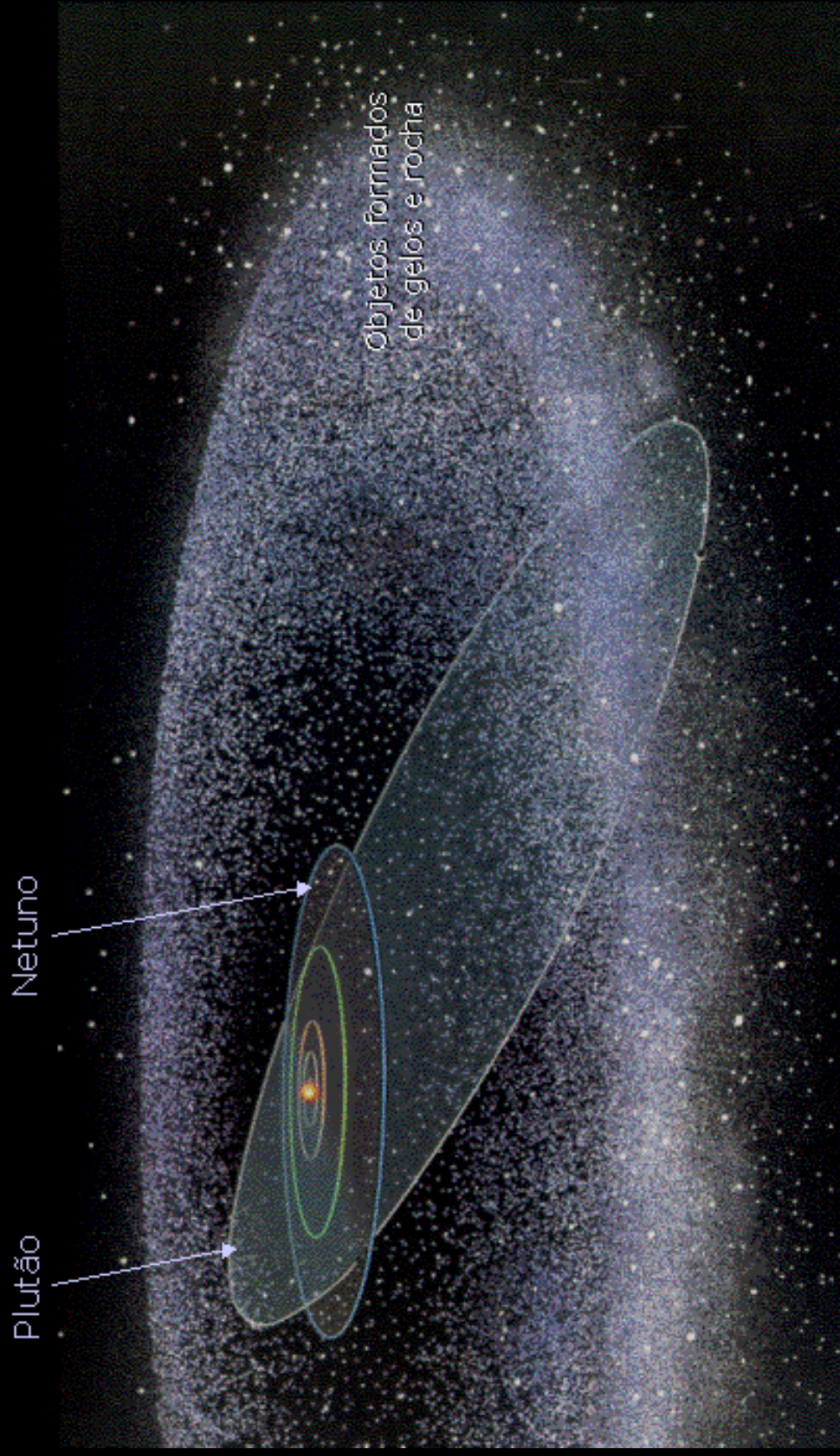
Enos Picazzio
UGUSP
Setembro 2006



A estrutura do Sistema Solar

Enos Picazzio
UGFUSP
Setembro, 2006

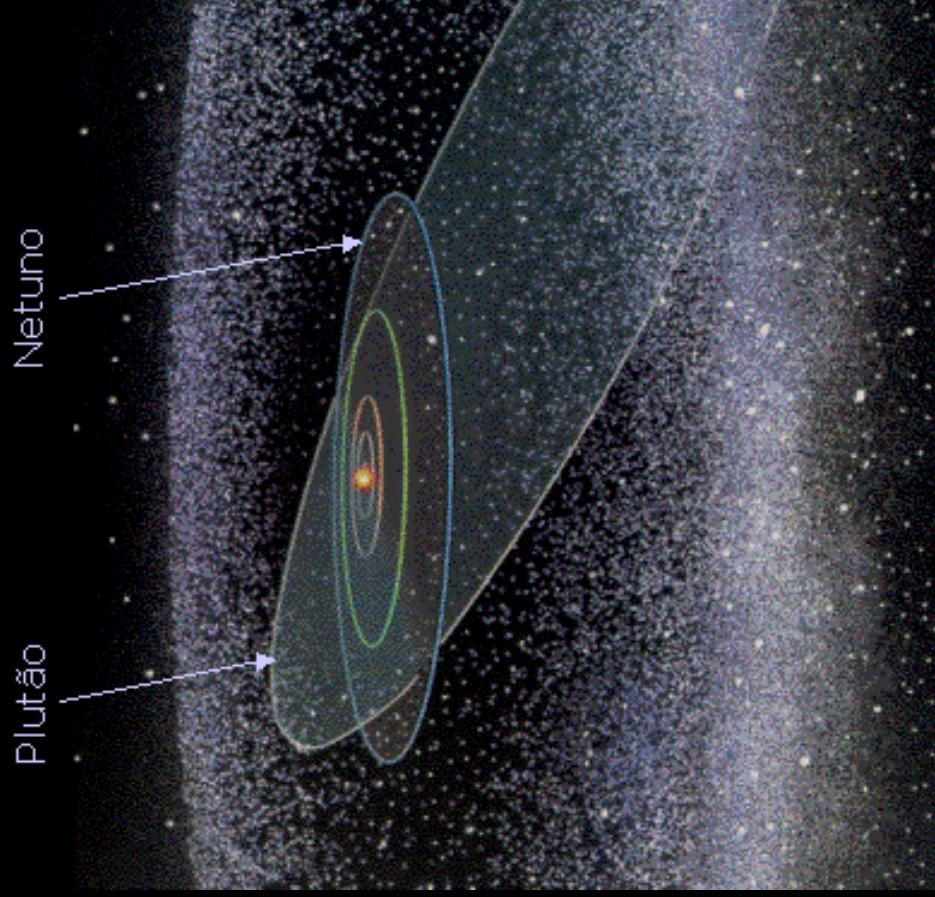
O Cinturão de Edgeworth-Kuiper



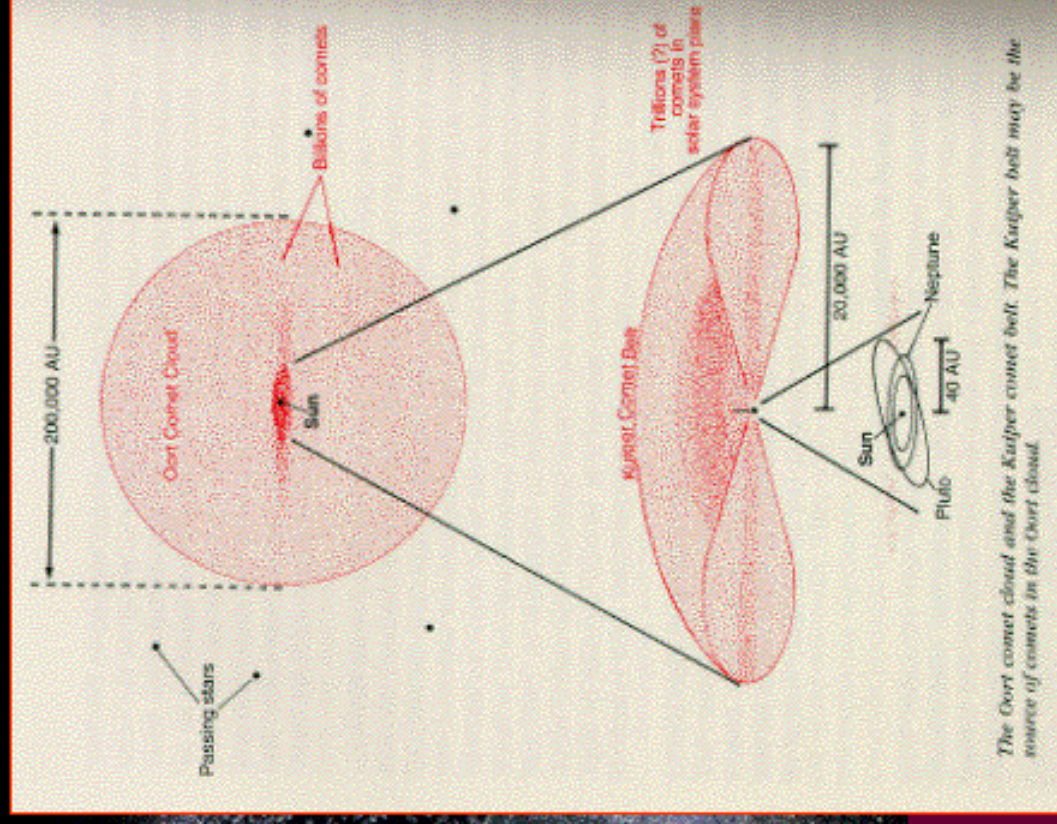
A estrutura do Sistema Solar

Enos Picazzio
UG-USP
Setembro 2006

O Cinturão de Edgeworth-Kuiper e a Nuvem de Oort

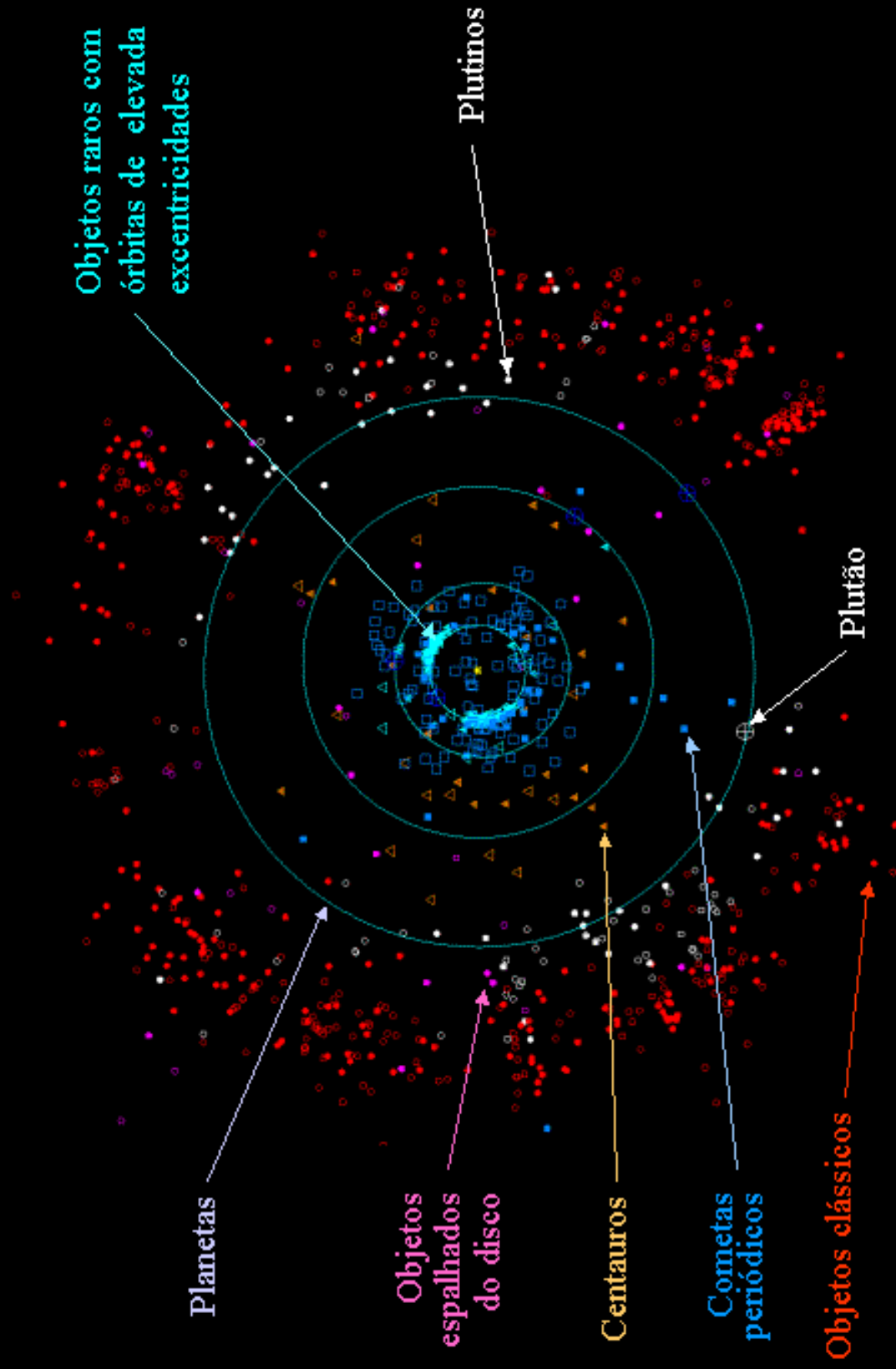


A nebulosa proto-solar estendia-se para bem além de Netuno. Outras estrelas exibem discos de 100-400 UA.



A estrutura do Sistema Solar

Enos Picazzio
lug@usp.br
Setembro, 2006



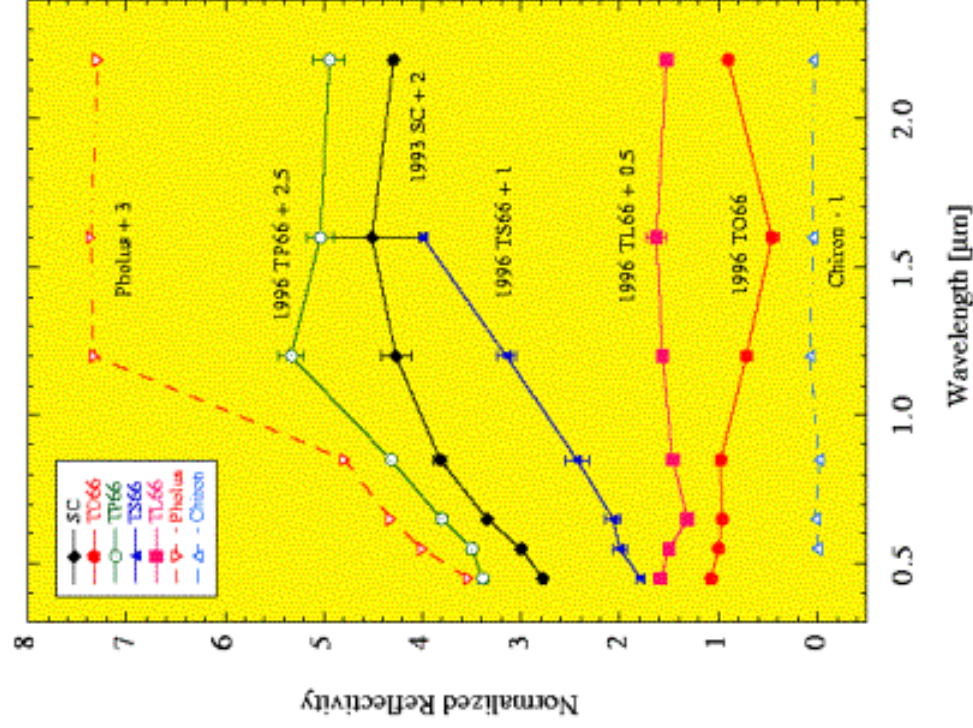
Enos Picazzio

Plot prepared by the Minor Planet Center (2002 Oct.23).

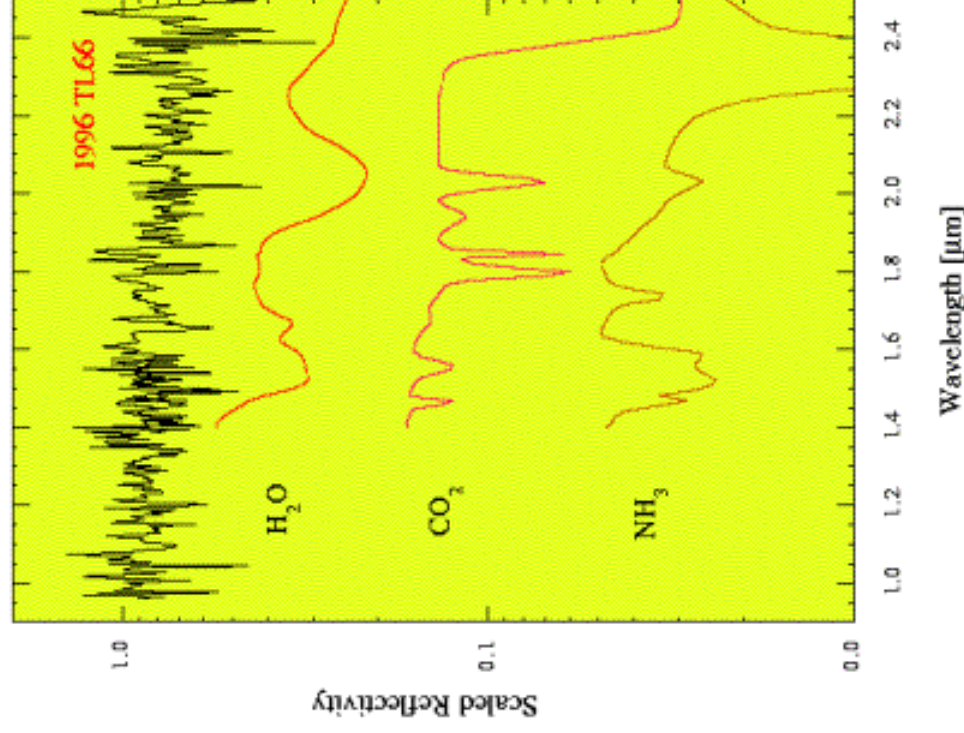
A estrutura do Sistema Solar

Enos Picazzio
UG-USP
Setembro 2006

Diversidade de cores



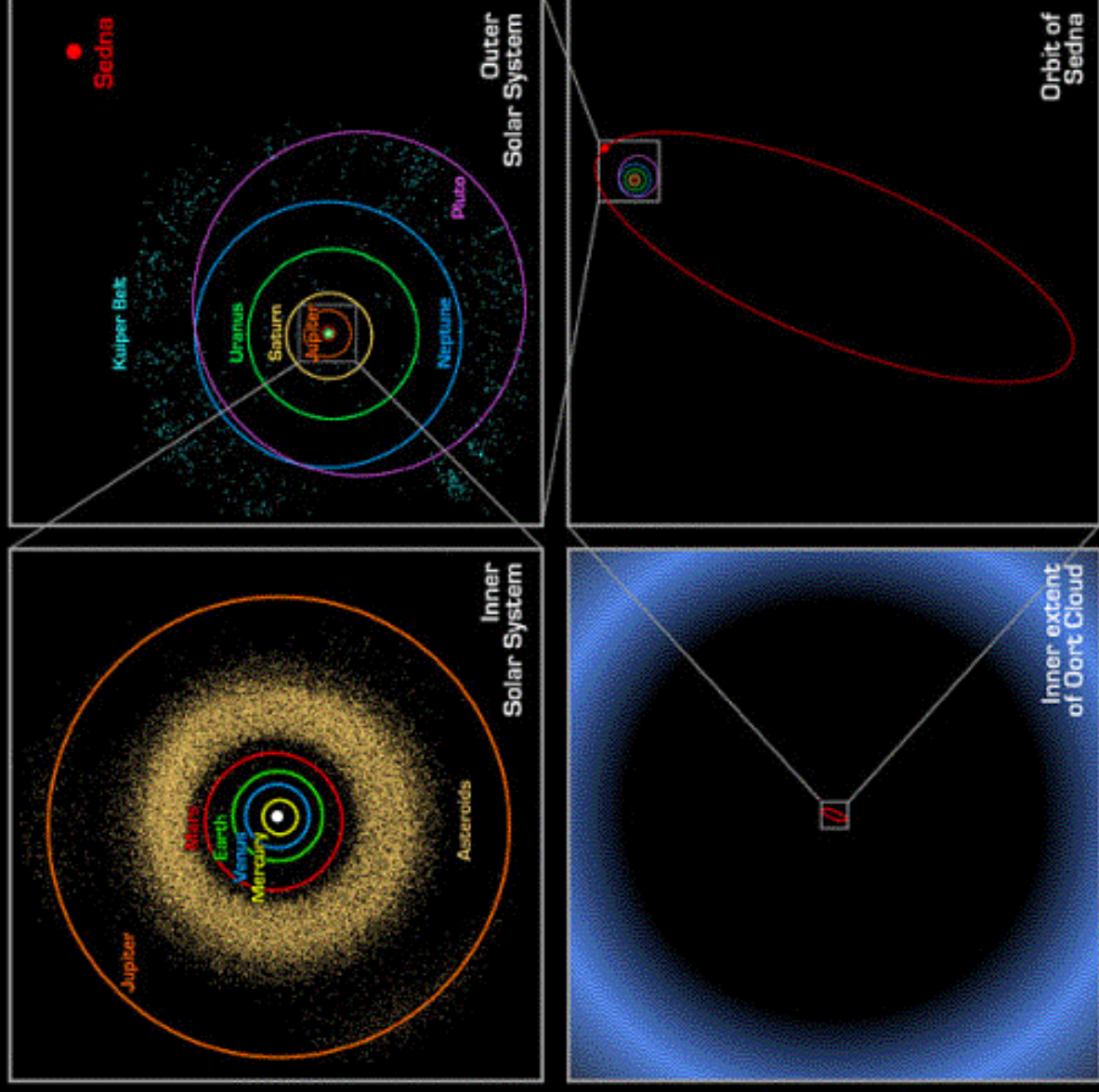
Jewitt and Luu (1998), Astron. J. Fig. 1



from Luu and Jewitt (1998), Ap. J. Lett

A estrutura do Sistema Solar

Enos Picazzio
wg@usp.br
Setembro 2006



A estrutura do Sistema Solar

Enos Picazzio
wgus.p
Setembro 2006

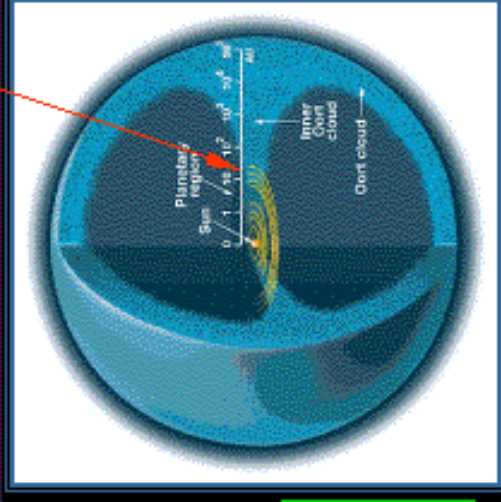
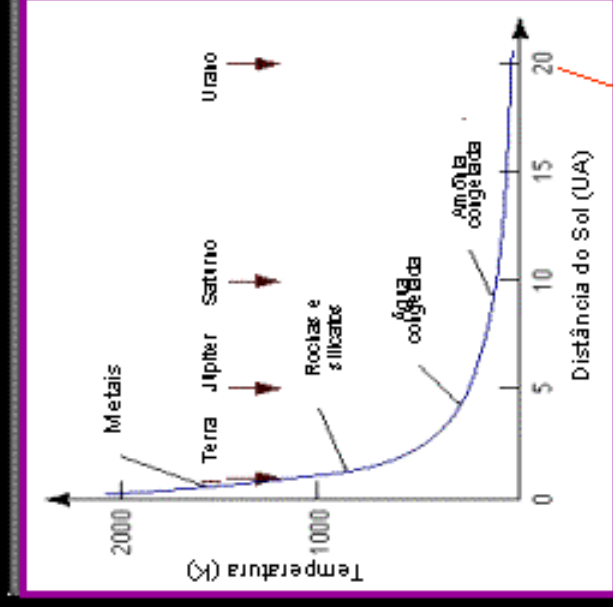
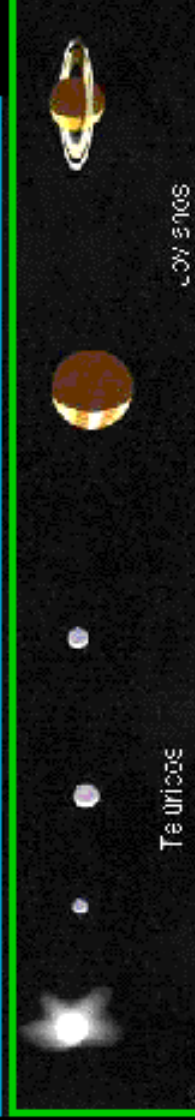
Um cenário possível para a formação do Sistema Solar.

(Adaptado de R.R.Robbins *et al.* 1995, pág.113)

No início o matéria nebular estava distribuída uniformemente na nuvem. Gradativamente, a matéria era comprimida para o centro e aquecida: assim nasceu o **proto-Sol**.

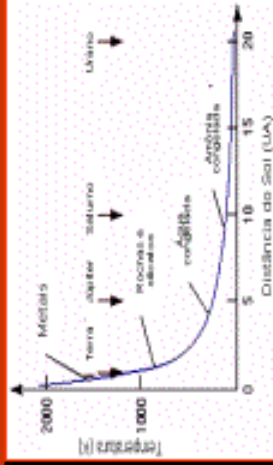


Os elementos mais voláteis foram “soprados” da região central aquecida, para as regiões afastadas mais frias: aqui formaram-se os planetas jovianos e os cometas.

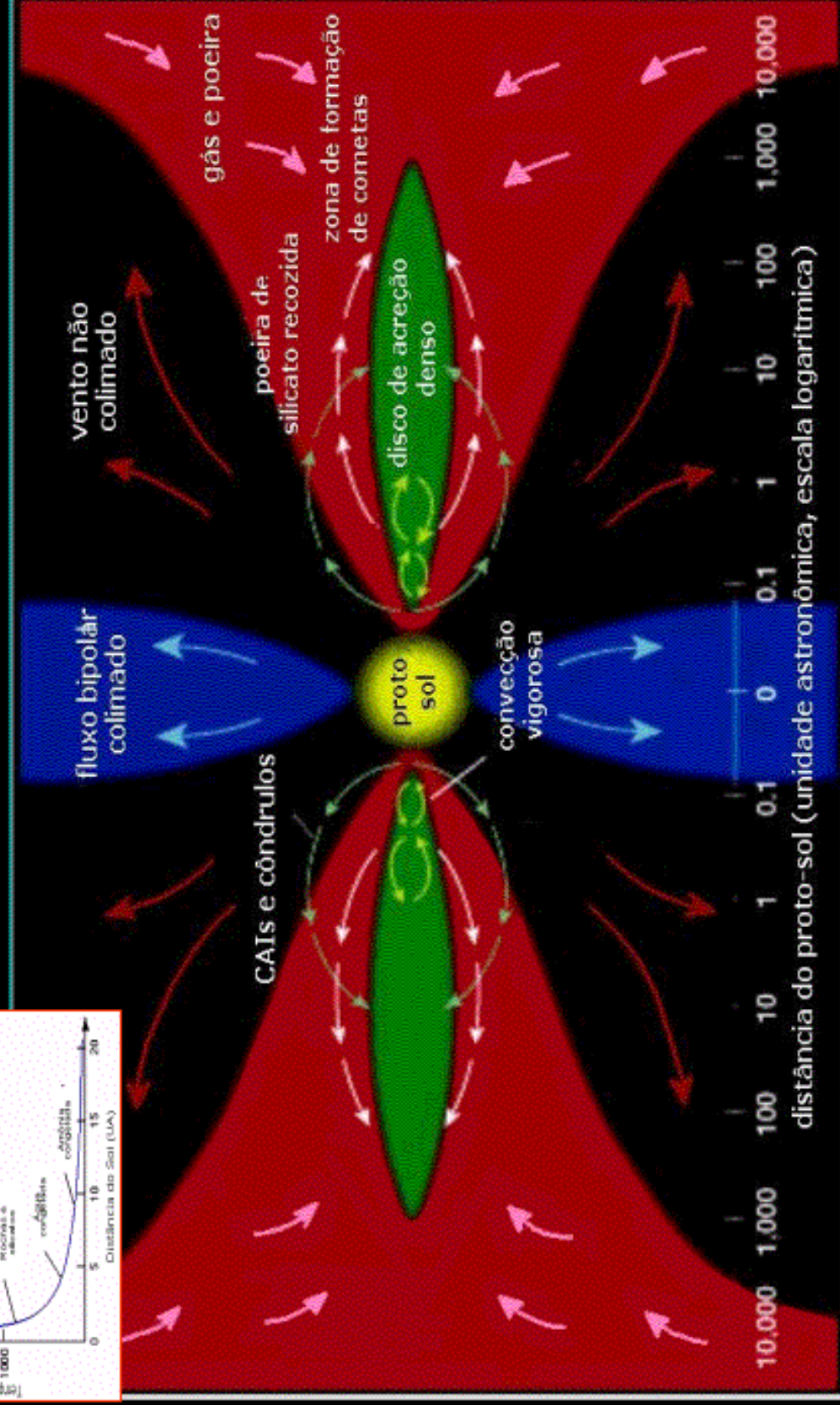


A estrutura do Sistema Solar

Enos Picazzio
UG-UP
Setembro 2005



CAI = inclusões de cálcio



www.sigmaxi.org/amsci/artides/01artides/nuthcap7.html

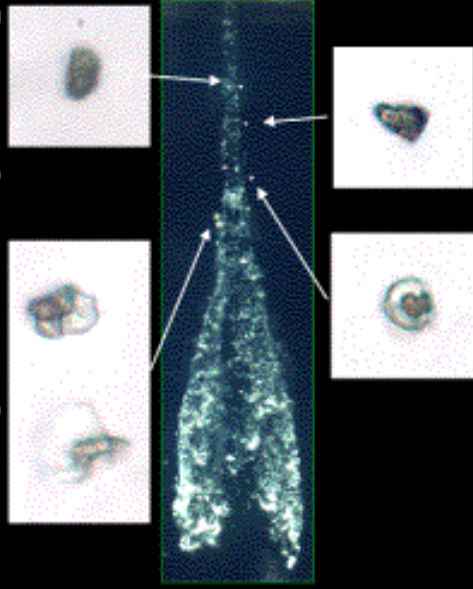
IAG-06-2005

A estrutura do Sistema Solar

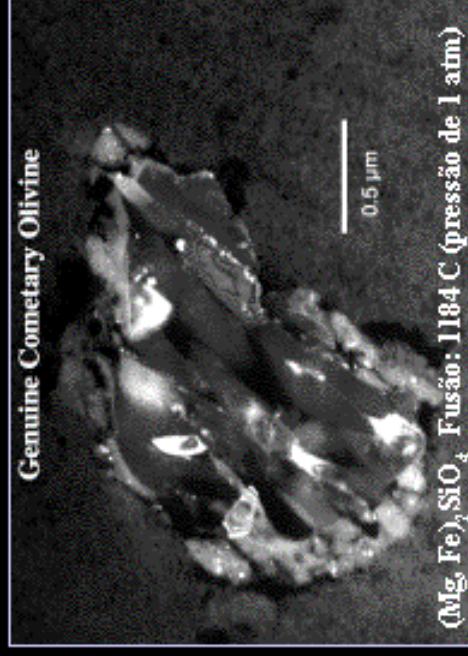
Enos Picazzio
UGUSP
Setembro 2006

poeira do Wild 2

Poeira aprisionada no aparato de gel



Genuine Cometary Olivine



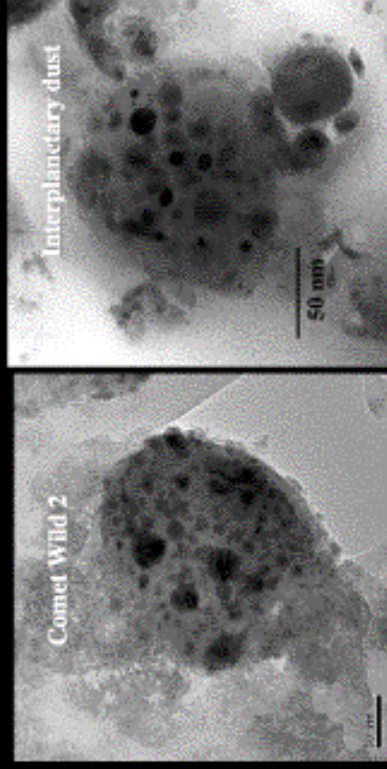
(Mg, Fe)₂SiO₄ Fusão: 1184 C (pressão de 1 atm)

Côndrulos:

esferóides
milimétricos
de olivina
[(Mg,Fe)SiO₄],
e piroxênio
[(Mg,Fe)SiO₃]

GEMS ?

(Glass with Embedded Metal and Sulfides)

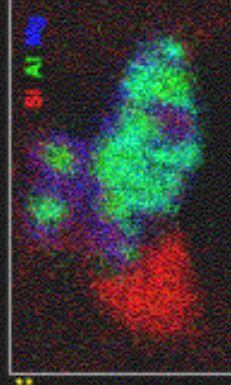


SEM-EDS X-ray Maps: overlay maps

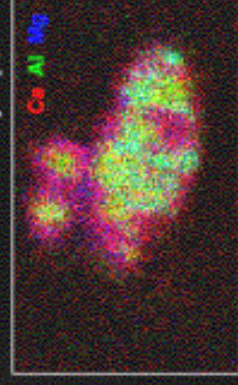
"Easter" C054.4.25.0
pointed butt in acrylic



BSE image, 4.0 kV, high contrast



EDS X-ray maps, 10 kV



A formação de planetas: *telúricos*

Enos Picazzio
UGUSP
Setembro 2006

Os modelos atuais explicam bem a formação dos planetas rochosos: grãos micrométricos colidem, coalescem, formam cascalhos, que colidem para formar pedras, que se chocam e formam planetesimais quilométricos; agora a força gravitacional atua fortemente no crescimento acelerado por colisão.

Em 100.000 anos pode-se chegar a um enxame de embriões planetários do tamanho da Lua em órbitas quase circulares.

A formação de planetas: *telúricos*

Enos Picazzio
UGUSP
setembro 2008

A próxima fase é mais longa, pode durar dezenas de milhões de anos: a interação gravitacional torna as órbitas mais alongadas e leva à criação de corpos cada vez maiores, por meio de colisões.

Essas trombadas cósmicas parecem explicar a formação da Lua e o enorme núcleo de ferro de Mercúrio.

O processo parece ser intrinsecamente caótico: o resultado final é altamente incerto, até que as últimas grandes colisões ocorram e os planetas sobreviventes estejam em órbitas estáveis.

A descoberta de exoplanetas tipo terrestre poderá, ou não, confirmar este cenário.

A formação de planetas: *gigantes gasosos*

Enos Picazzio
UGUSP
setembro 2008

Não há um modelo de consenso, mas dois muito diferentes; ou um híbrido deles.

Modelo 1: eles se formam nas regiões externas e frias do disco protoplanetário, onde “gelos” e grãos coexistem.

O gelo aumenta a eficiência da “colagem”. Um planeta com várias massas terrestres pode ser formado em 10 milhões de anos, mais rápido que nas partes mais internas (quentes) do disco.



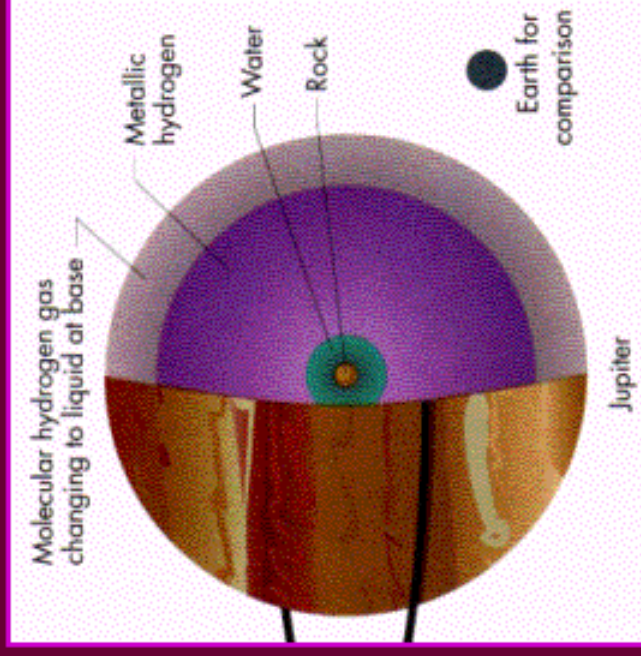
A formação de planetas: *gigantes gasosos*

Enos Picazzio
UGUSP
setembro 2008

Não há um modelo de consenso, mas dois muito diferentes; ou um híbrido deles.

Modelo 1: eles se formam nas regiões externas e frias do disco protoplanetário, onde “gelos” e grãos coexistem.

Com 5 a 10 massas terrestres (rocha+gelos) a gravitação incumbe-se da coleta de quantidade ainda maior de gás e poeira: um núcleo sólido debaixo de um invólucro massivo de hidrogênio e hélio.



A formação de planetas: *gigantes gasosos*

Enos Picazzio
UG USP
setembro 2008

Não há um modelo de consenso, mas dois muito diferentes; ou um híbrido deles.

Modelo 2: o próprio gás do disco dá início ao processo; não há necessidade de "semente" (núcleo sólido).

O disco tem cerca de 10% da massa da estrela; apenas 1% dele é matéria sólida, o restante é praticamente hidrogênio e hélio.

O processo de acreção é rápido.

A formação de planetas: *gigantes gasosos*

Enos Picazzio
UGUSP
setembro 2008

Não há um modelo de consenso, mas dois muito diferentes; ou um híbrido deles.

Modelo 2: o próprio gás do disco dá início ao processo; não há necessidade da "semente" (núcleo sólido).

O disco tão denso fica sujeito à instabilidade gravitacional: nódulos podem crescer rapidamente atraindo cada vez mais matéria.

Em poucos períodos orbitais criam braços espirais que colidem entre si. Nos locais de colisão surgem nódulos de alta densidade que podem se tornar protoplanetas gigantes. A componente rochosa (poeira) afunda para o centro.

A formação de planetas: *gigantes gasosos*

Enos Picazzio
UGUSP
setembro 2008

Não há um modelo de consenso, mas dois muito diferentes; ou um híbrido deles.

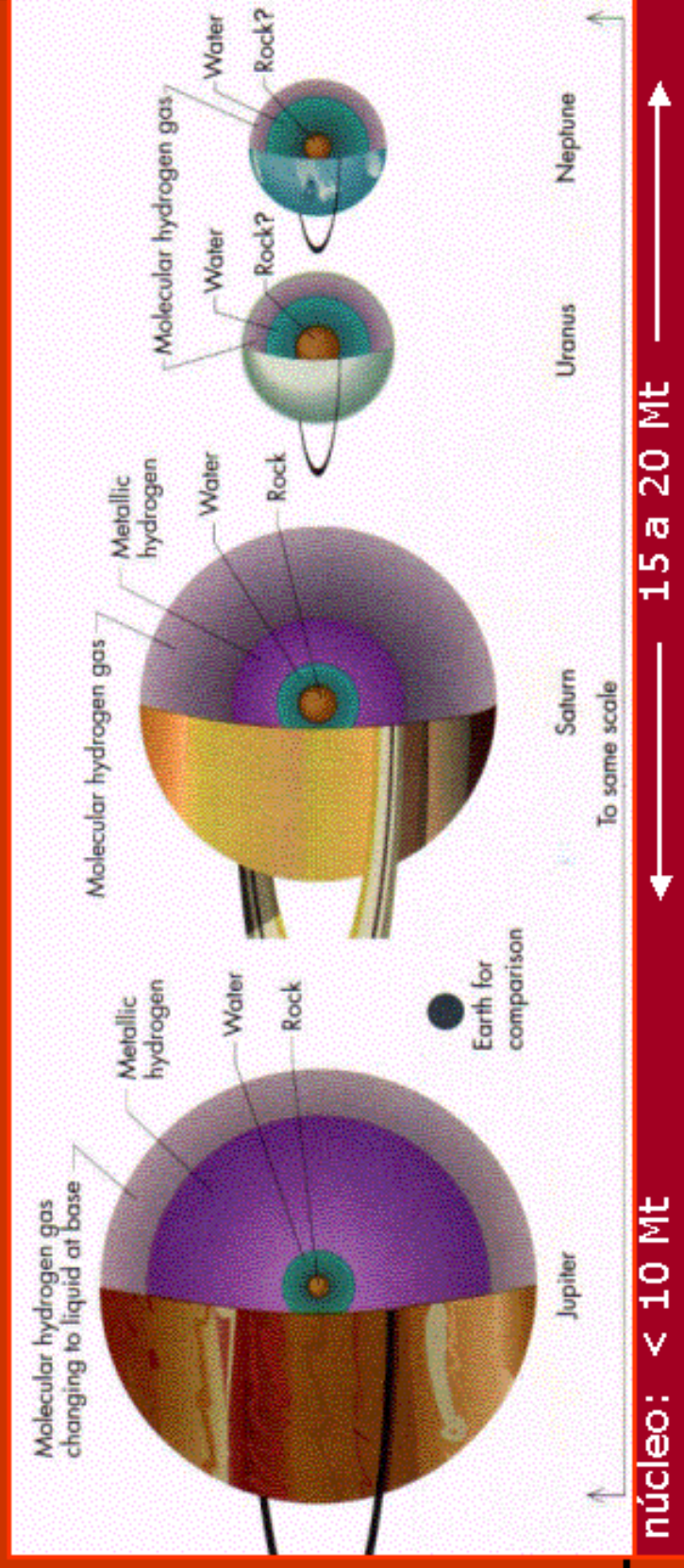
Modelo 2: o próprio gás do disco dá início ao processo; não há necessidade da "semente" (núcleo sólido).

Um planeta como Júpiter poderia se formar em apenas 100 mil anos, com um núcleo rochoso de ~ 6 massas terrestres.

No modelo de acreção: núcleo com ~ 15 massas terrestres e tempo de formação em milhões de anos.

A formação de planetas: *gigantes gasosos*

Enos Picazzio
UGUSP
setembro 2006

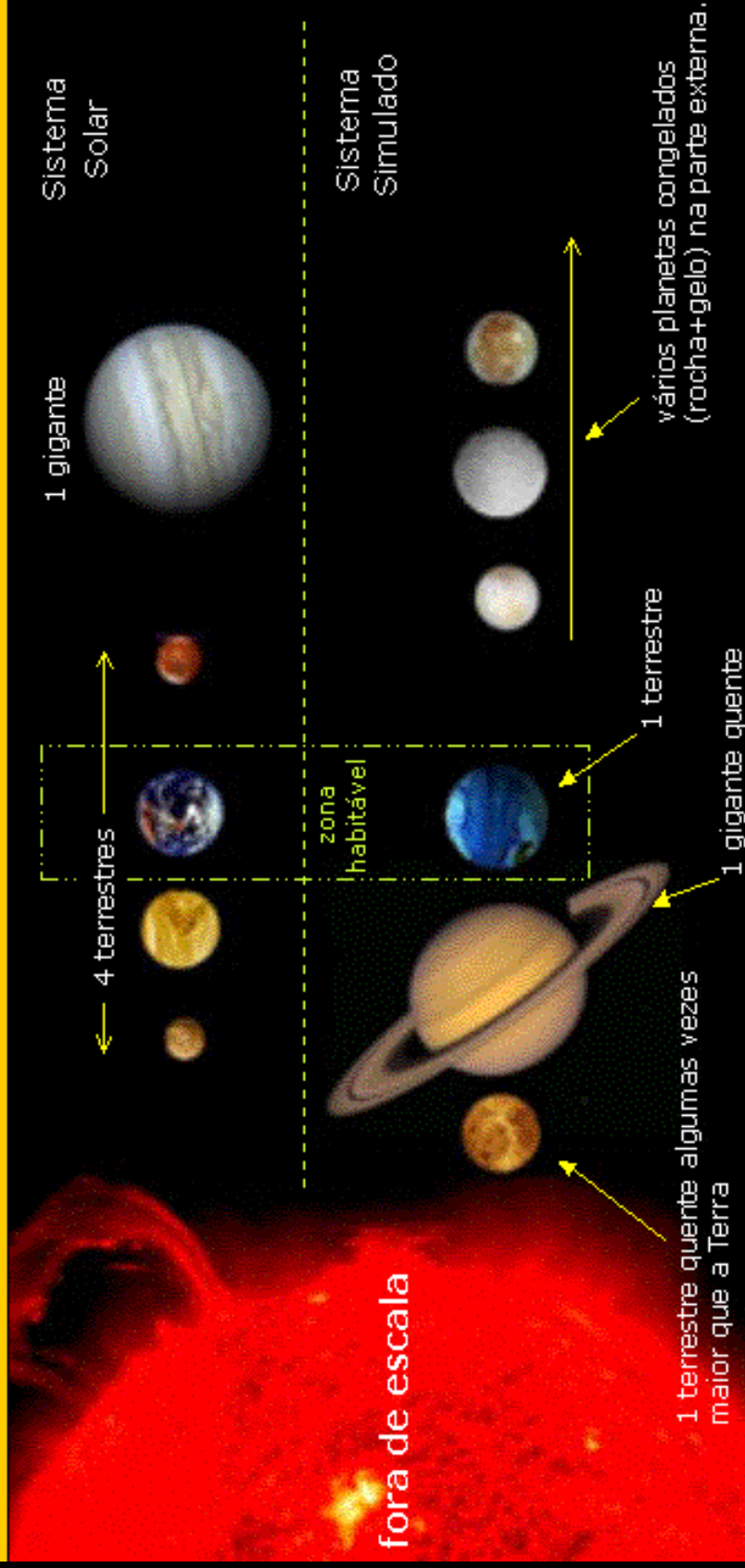


Exoplanetas:

HD 1490026b: núcleo de 70 Mt + invólucro de 20 Mt

HD 209458b: parece não ter núcleo sólido

HAT-P-1: raio - 1,38 Rj; massa - 0,5 Mj; dens ~ 0,25 g/cc



Resultado de uma das muitas possibilidades

Ela parte de um disco com mais de mil protoplanetas congelados (rocha+gelo) do tamanho da Lua. As condições iniciais são (a) as previstas nas teorias de formação de planetas no SS e (b) cerca de 200 milhões de anos de evolução. Os planetas foram formados por colisão de protoplanetas e a evolução dinâmica responde pela distribuição e pela formação de uma região "tipo transnetuniana".

A formação de planetas: *gigantes gasosos*

Enos Picazzio
UG-15.P
Setembro, 2006

Resumo

Acreção pelo núcleo: demanda vários milhões de anos para formar um gigante gasoso.

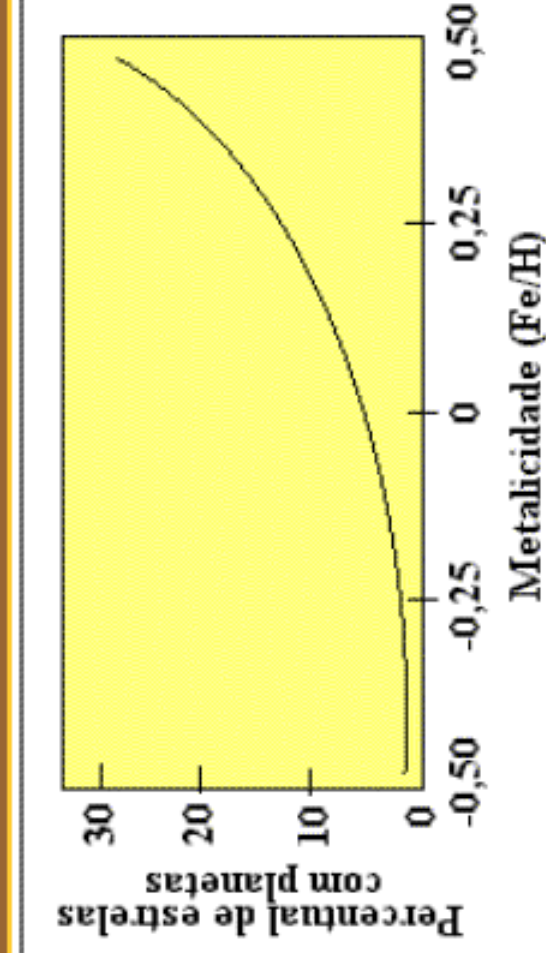
A instabilidade do disco: forma um gigante gasoso bem mais depressa.

Estrelas jovens: discos podem se dissipar em poucos milhões de anos. Como a maioria se forma em aglomerados com estrelas massivas e brilhantes, a dissipação dos discos ocorre rápido.

Metalicidade

Enos Picazzio
UG-15 p
Setembro 2006

De um estudo com mil estrelas
de uma lista de exoplanetas:



Rocha e ferro desempenham papel importante na formação planetária

Definição de planeta

Enos Picazio
UG USP
Setembro 2006

Grupo de Trabalho em Planetas Extra-solares (IAU):

- *Objetos orbitando estrelas do tipo solar com massas maiores que o limite para promover a fusão do deutério* (12-13 massas de Júpiter, para metalicidade solar) são "**anãs-marrons**", independentemente do processo em que foram formadas, enquanto objetos com massas inferiores ao limite de massa são "**planetas**".
- *Objetos-sem-estrelas (free-floating) em aglomerados estelares jovens (possivelmente formados da mesma maneira que estrelas e que não foram expulsos de sistemas planetários) com massas menores que o limite mínimo para promover fusão nuclear do deutério não são "planetas", mas "**sub-anãs-marrons**" (ou uma terminologia mais apropriada).*

Definição de planeta

Enos Picazzio
lug@usp.br
Setembro 2006

Basri, Stern & Levinson :
fusor (de *fusion*), **planemos** (*planetary mass objects*), **planets**

Fusores : objetos que experimentaram fusão nuclear em algum momento
anã-marrom : fusor sem fase estável de luminosidade
estrela : fusor com fase estável de luminosidade

Planemos : não-fusores esférico
incluindo **grandes satélites** (planemos orbitando planetas),
e **superplanetas** e **objetos-sem-estrelas** (free-floating)

Planetas: planemos orbitando fusor
planetas menores : planetas que não são dinamicamente
dominantes

Implicações : são planetas (menores) Plutão, Ceres, Vesta, Pallas,
Varuna, Quaoar, Ixion, e provavelmente outros KBOs ainda desconhecidos

Sistema Solar: 8 planetas maiores

Definição de planeta

Enos Picazio
UG-15 p
Setembro 2006

Basri, Stern & Levinson :
fusor (de *fusion*), *planemos* (*planetary mass objects*), *planets*

Fusores : objetos que experimentaram fusão nuclear em algum momento
anã-marrom : fusor sem luminosidade estável
estrela : fusor com fase estável de luminosidade

Planemos : não-fusores esférico
incluindo **grandes satélites** (planemos orbitando planetas),
e **superplanetas** e **objetos-sem-estrelas** (free-floating)

Planetas: planemos orbitando fusor

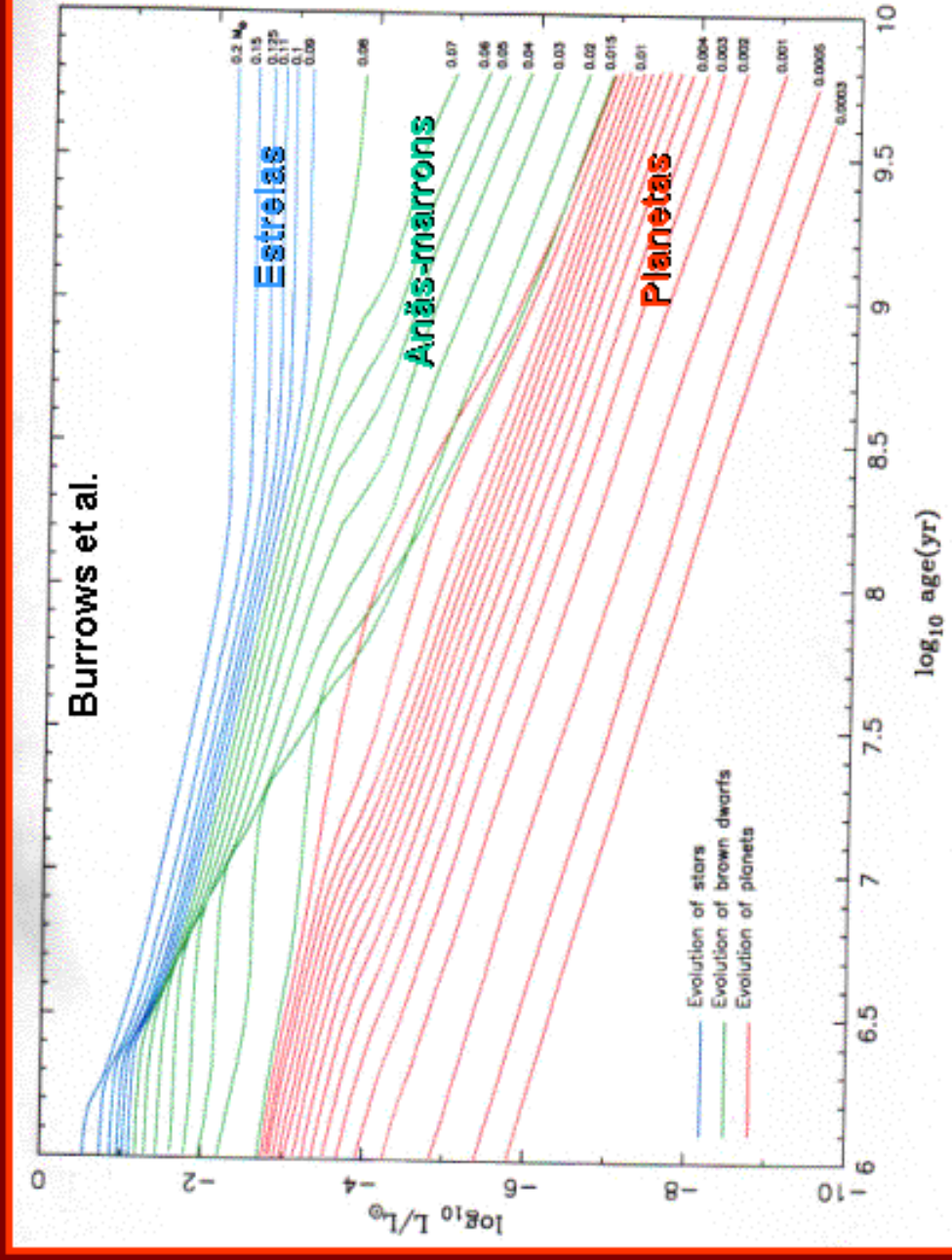
planetas menores : planetas que não são dinamicamente
dominantes



Poderíamos dizer, então, que
estrela é o fusor que está dentro de galáxia?

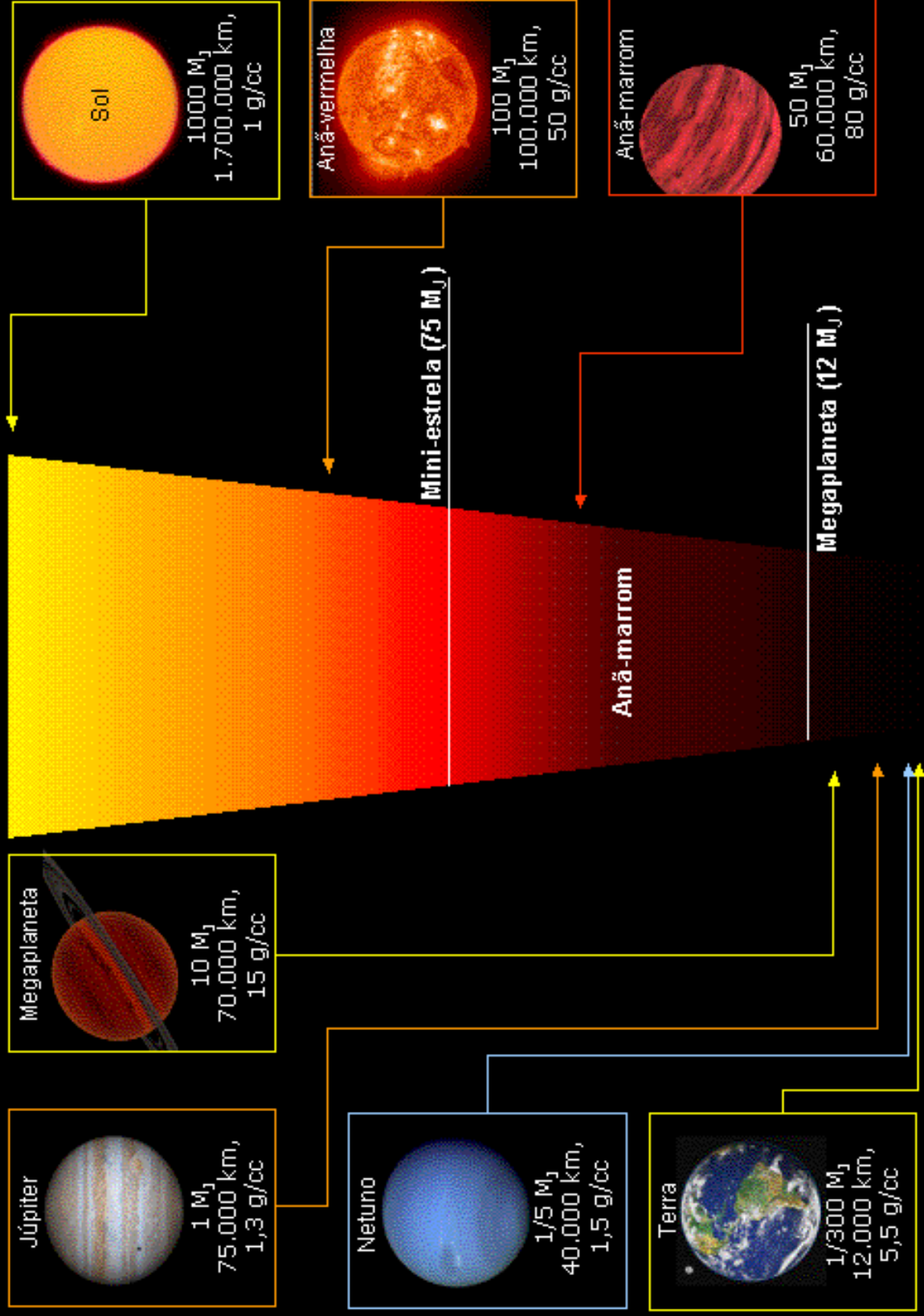
Definição de planeta

Enos Picazzio
UGUS P
Setembro 2006



Os tênues limites

Enos Picazzio
UGUSP
Setembro 2006



Estrutura interna

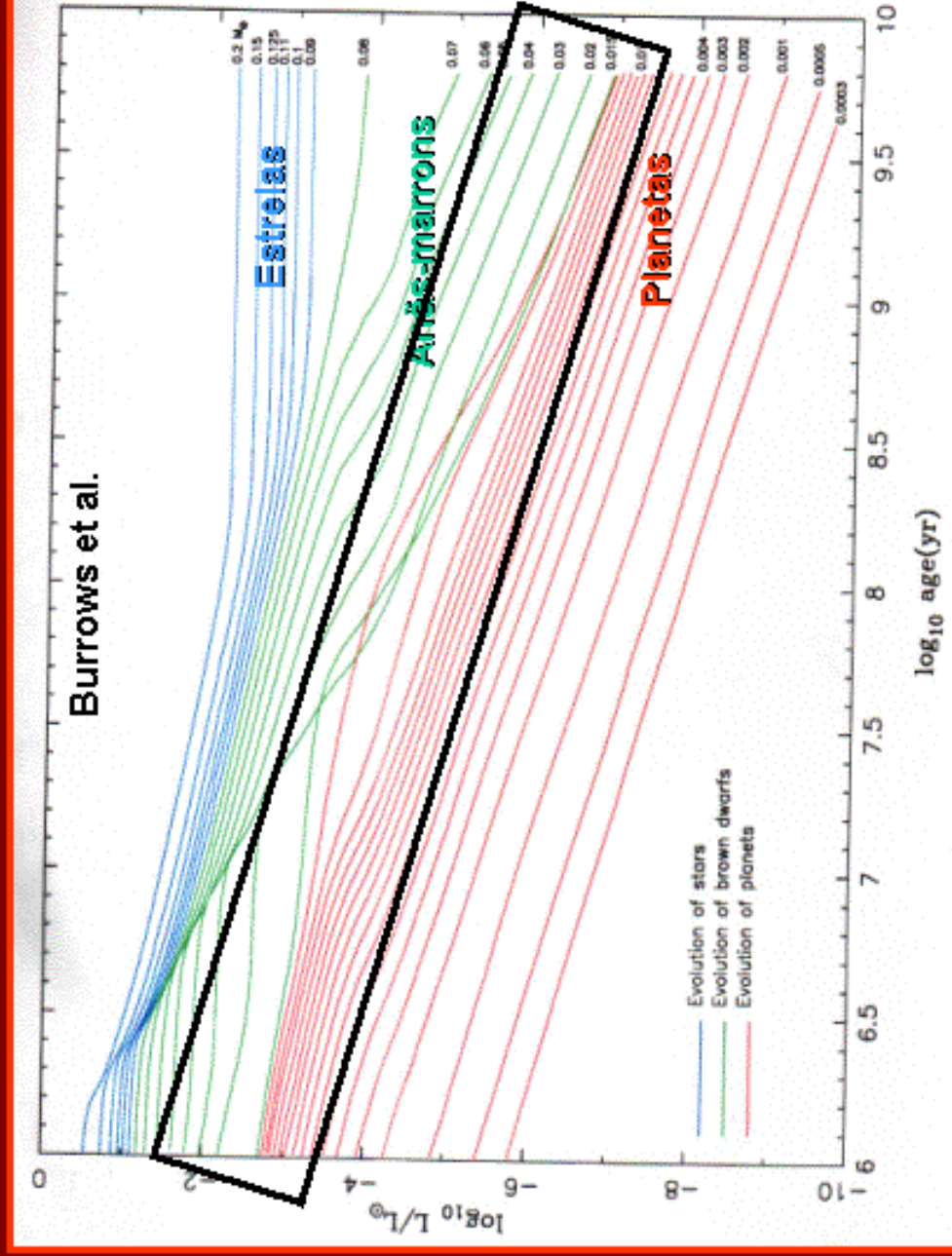
Enos Picazio
lug-us p
setembro 2008

CONTINUUM OF OBJECTS from planets to stars (below) shows that older brown dwarfs, such as Gliese 229B, are fairly similar to gas-giant planets in size and surface temperature. Younger brown dwarfs, such as Teide 1, more closely resemble low-mass brown stars, such as Gliese 229A. Brown dwarfs and low-mass stars are fully convective, meaning that they mix their contents (left). Thermonuclear reactions in the stars' cores destroy all their lithium, so its presence is a sign that the object may be a brown dwarf.



NAME	JUPITER	GLIESE 229B	TEIDE 1	GLIESE 229A	SUN
TYPE OF OBJECT	Gas-Giant Planet	Brown Dwarf	Brown Dwarf	Red Dwarf Star	Yellow Dwarf Star
MASS (Jupiter-masses)	1	30-40	55	300	1,000
RADIUS (kilometers)	71,500	65,000	150,000	250,000	696,000
TEMPERATURE (kelvins)	100	1,000	2,600	3,400	5,800
AGE (years)	4.5 billion	2-4 billion	120 million	2-4 billion	4.5 billion
HYDROGEN FUSION	No	No	No	Yes	Yes
DEUTERIUM FUSION	No	Yes	Yes	Yes	Yes

O tênue limite entre “subestrela” e “megaplaneta”

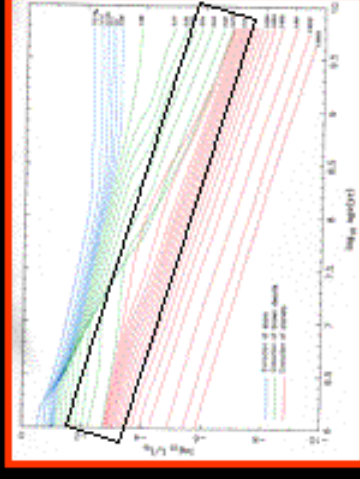


O ténue limite: *fundamental para definir planeta*

Enos Picazzio
UG-UP
setembro 2006

Como se nascem as anãs-marrons?

Tal como as estrelas: a partir de embriões estelares imersos em grandes nuvens de gás e poeira ...
mas algo as impede de crescer até estrelas



Diferenças básicas

A presença ou ausência da turbulência diferencia os dois modelos do ponto de vista observacional.

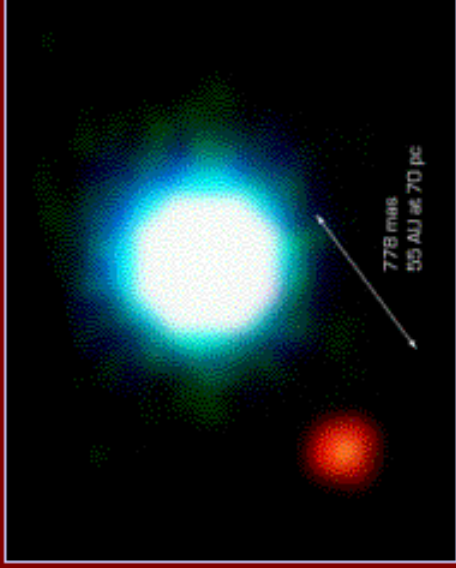
Na turbulência: o que vale para as estrelas pequenas deve valer para as anãs-marrons;

Na ejeção: as anãs-marrons perdem muitas de suas características estelares conforme são expulsas.

O ténue limite: *fundamental para definir planeta*

Enos Picazzio
WGU SP
Setembro 2008

Sistema (flutuante)
2M1207 (Hidra)



Anã-marrom: $25 M_J$

Exoplaneta: $5 M_J$

Órbita: 55 UA

Abaixo de $13 M_J$



O tênue limite: *fundamental para definir planeta*

Enos Picazzio
UGUSP
Setembro 2006

