

Astronomia no dia a dia: síntese - aula 2

- **Constelações astronômicas**

- concebidas para marcar a passagem das estações do ano ‘solar’ por diferentes sociedades (calendários)
- mera projeção de direção de estrelas/Via-Láctea na Esfera Celeste
- **88 constelações (IAU)**: 48 clássicas e 40 modernas <→ mapeamento completo do céu

- **Coordenadas celestes**

- direção dos astros na Esfera Celeste <→ Astronomia Fundamental (sistemas de coordenadas) <→ observação com instrumentos em solo, satélites e sondas espaciais
- mudança de direção dos astros <→ Mecânica Celeste & Dinâmica: planetas, satélites, asteróides, cometas, estrelas, grupos/aglom. de estrelas, galáxias, etc.
- **Coordenadas Horizontais Locais e Coordenadas Equatoriais**

- **Sistema Terra-Lua + ilumin(ação) do Sol**

- **fases da Lua** <→ **translação da Lua (lunação)**
- face oculta da Lua <→ sincronia entre rotação e translação da Lua
- **eclipses da Lua** <→ **translação da Lua sob uma órbita inclinada + precessão orbital**
- **eclipses do Sol** <→ **idem + coincidência entre os tamanhos aparentes da Lua e Sol**
- **marés dos oceanos**: força gravitacional diferencial sobre um corpo em rotação
- *Gravitação + formação/evolução explicam a dinâmica atual do sistema*

ASTRONOMIA NO DIA A DIA

XXI Curso de Introdução à Astronomia e Astrofísica
CIAA 2021 ON-LINE



Dr. André Milone

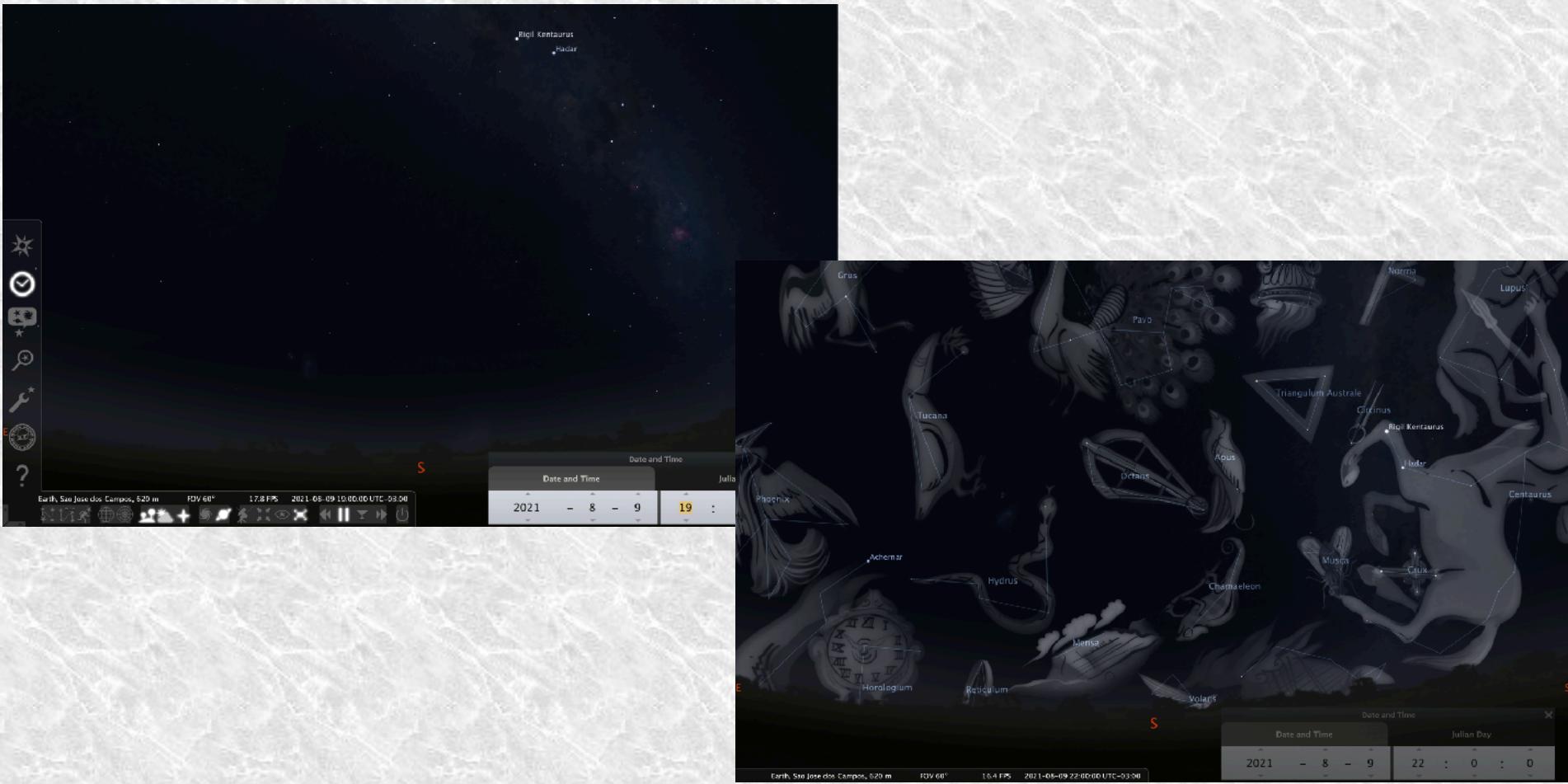
Divisão de Astrofísica (DIAST)

andre.milone@inpe.br

Astronomia no dia a dia: tarefas da aula anterior (exceto B)...

A. observar o HORIZONTE SUL desde o início e AO LONGO DA NOITE

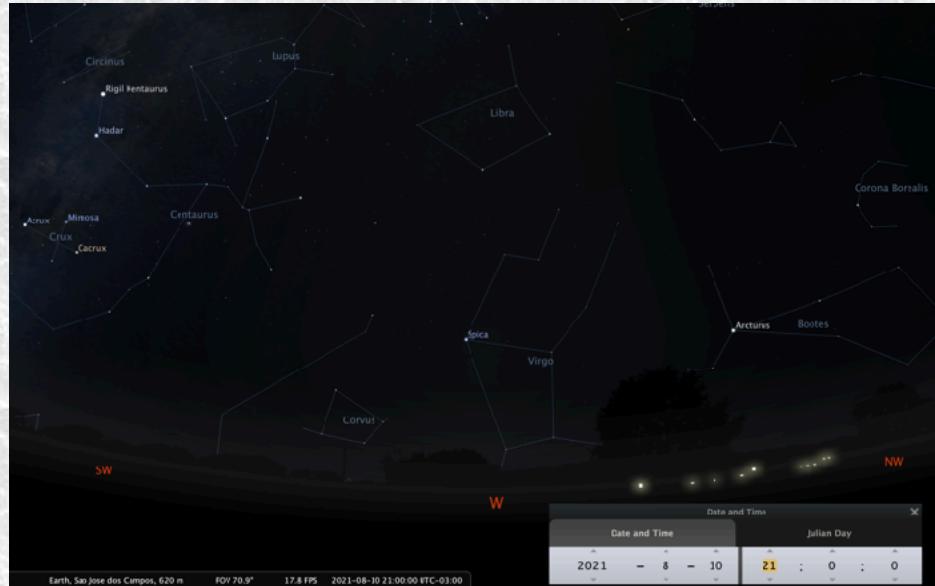
- acompanhar a posição do Cruzeiro do Sul a cada 1 hora



Astronomia no dia a dia: tarefas

A. observar o HORIZONTE OESTE desde o início e AO LONGO DA NOITE

- acompanhar a posição de Vênus e estrelas Spica, Arcturus e Antares a cada 1 hora



Astronomia no dia a dia: tarefas

A. observar o HORIZONTE OESTE desde o início e AO LONGO DA NOITE

- posição de Vênus e estrelas Spica (Virgem), Arcturus (Bueiro) e Antares (Escorpião)



Dr. André Milone (DIAST-INPE)

Astronomia no dia a dia: tarefas

A. observar o HORIZONTE OESTE desde o início e AO LONGO DA NOITE

- posição de Vênus e estrelas Spica (Virgem), Arcturus (Bueiro) e Antares (Escorpião)



Astronomia no dia a dia: tarefas

A. observar o HORIZONTE OESTE desde o início e AO LONGO DA NOITE

- posição de Vênus e estrelas Spica (Virgem), Arcturus (Bueiro) e Antares (Escorpião)



Astronomia no dia a dia - AULA 2

Forma e movimentos da Terra

Metro e Segundo de Tempo têm origem astronômica

Dias e noites

Estações do ano

Calendário Solar

Constelações astronômicas

Coordenadas celestes

Fases da Lua

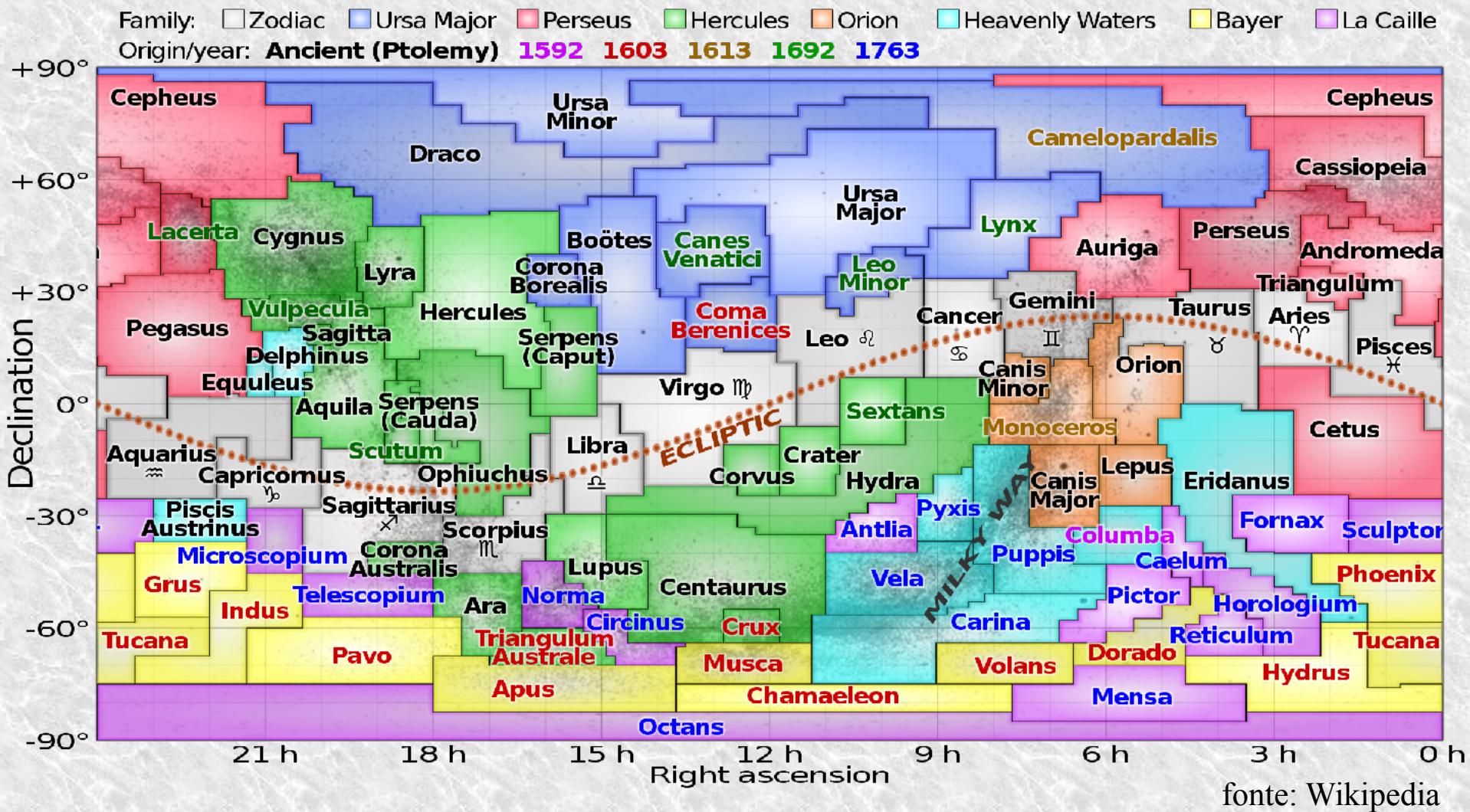
Eclipses do Sol e da Lua

Marés dos oceanos



Constelações astronômicas: famílias e origens cronológicas

48 clássicas (Ptolomeu, 173 d.C.) e 40 modernas (1592-1763)



Constelações astronômicas



CIAA 2021

Constelações preferidas por vocês...

Orion, 37%

Não tenho ideia, 18%

Cruzeiro do Sul, 14%

Escorpião, 9%

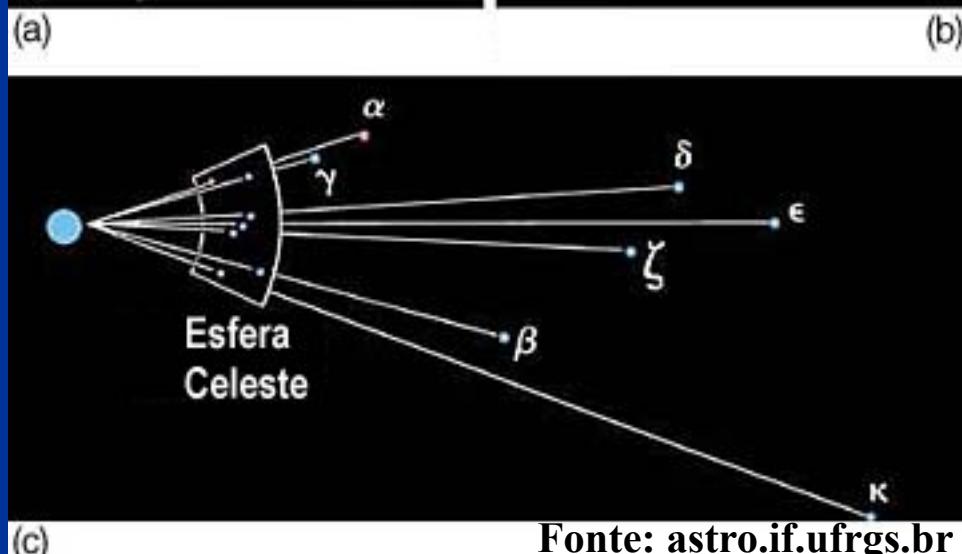
Andrômeda, 3%

Sagitário, 3%

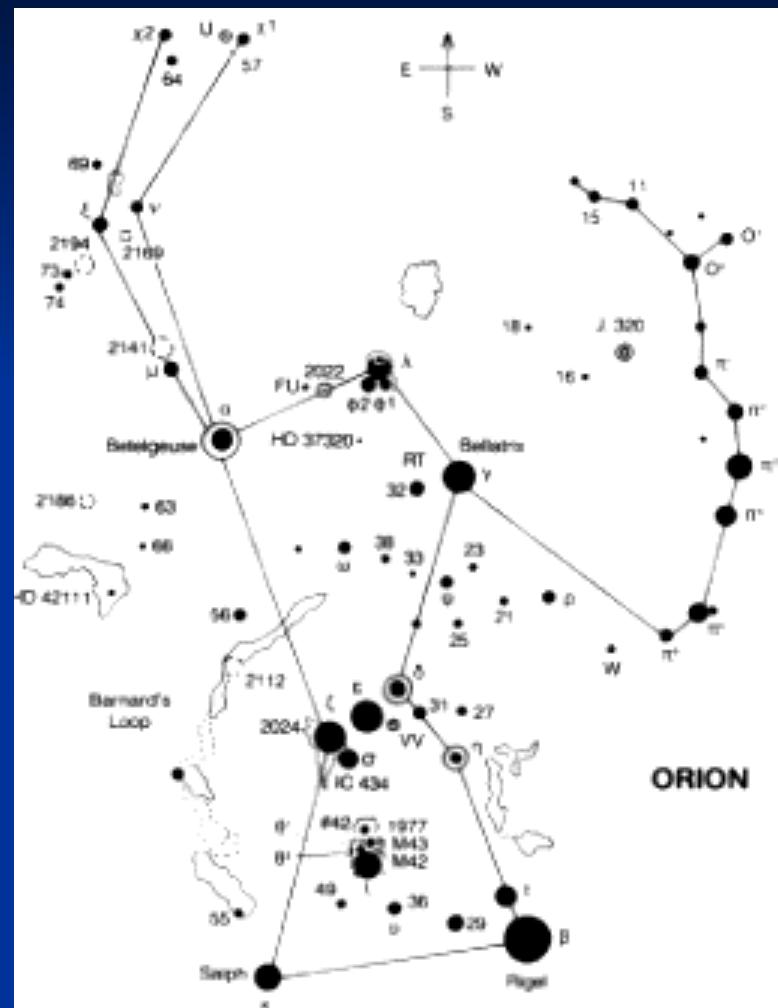
Cão Maior, 2%

Outras doze, 1,1% cada
(destaco 'Ema')

Constelação de Orion: projeção no céu e visão 3-D



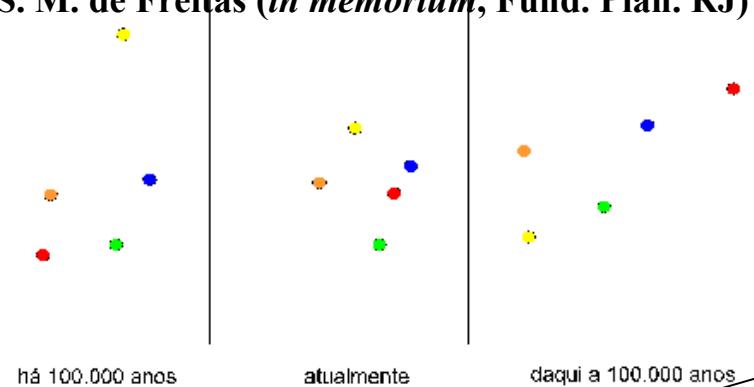
Fonte: astro.if.ufrgs.br



As constelações são projeções na Esfera Celeste ilustram figuras aparentes no plano da Esfera Celeste e são “mutáveis”:

constelação do Cruzeiro do Sul

S. M. de Freitas (*in memorium*, Fund. Plan. RJ)



Terra

Gacrux ou Rubídea: 88 anos-luz

δ Crux: 364 anos-luz

Mimosá: 353 anos-luz

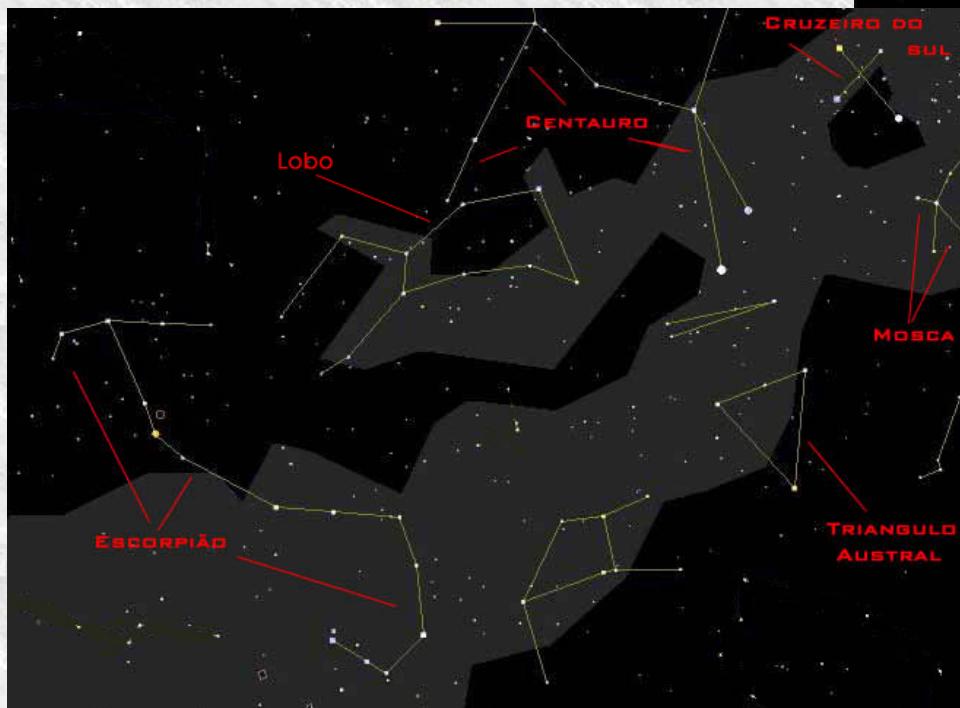
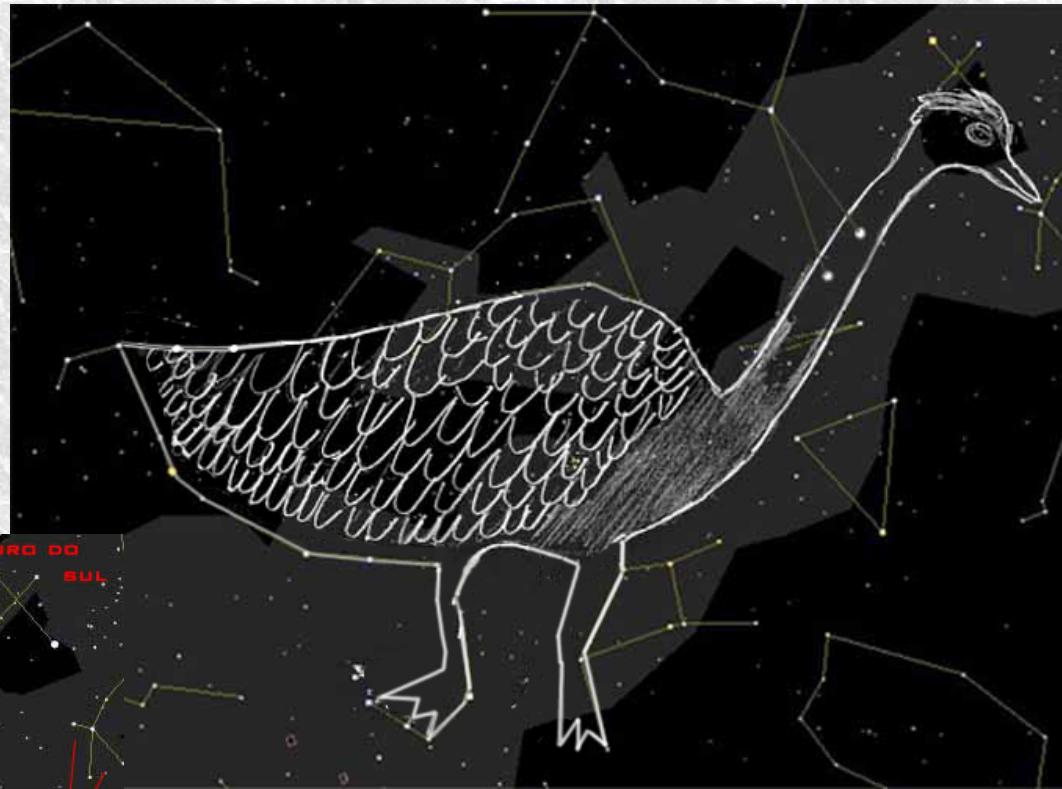
Intrometida: 228 anos-luz

Acrux: 321 anos-luz

1 ano-luz \approx 9,5 trilhões de km!

Além das constelações ocidentais: a constelação tupi-guarani da Ema

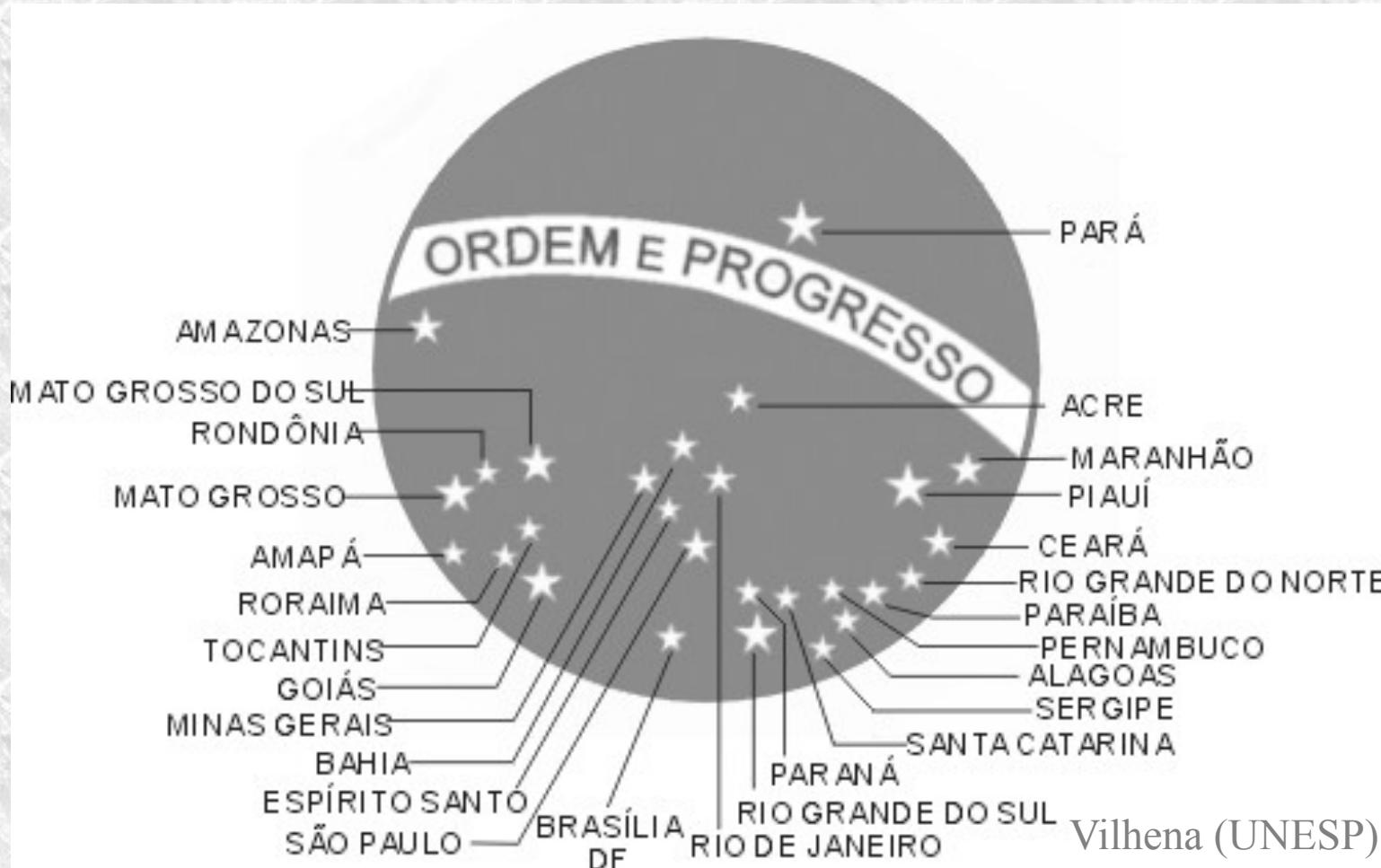
vista à leste no começo da noite
em meados de junho, marcando
o início do inverno
no Centro-Sul do Brasil
e o início da estação seca
("verão") no Norte do Brasil



Fonte:
Prof. Germano Afonso (UFPR)

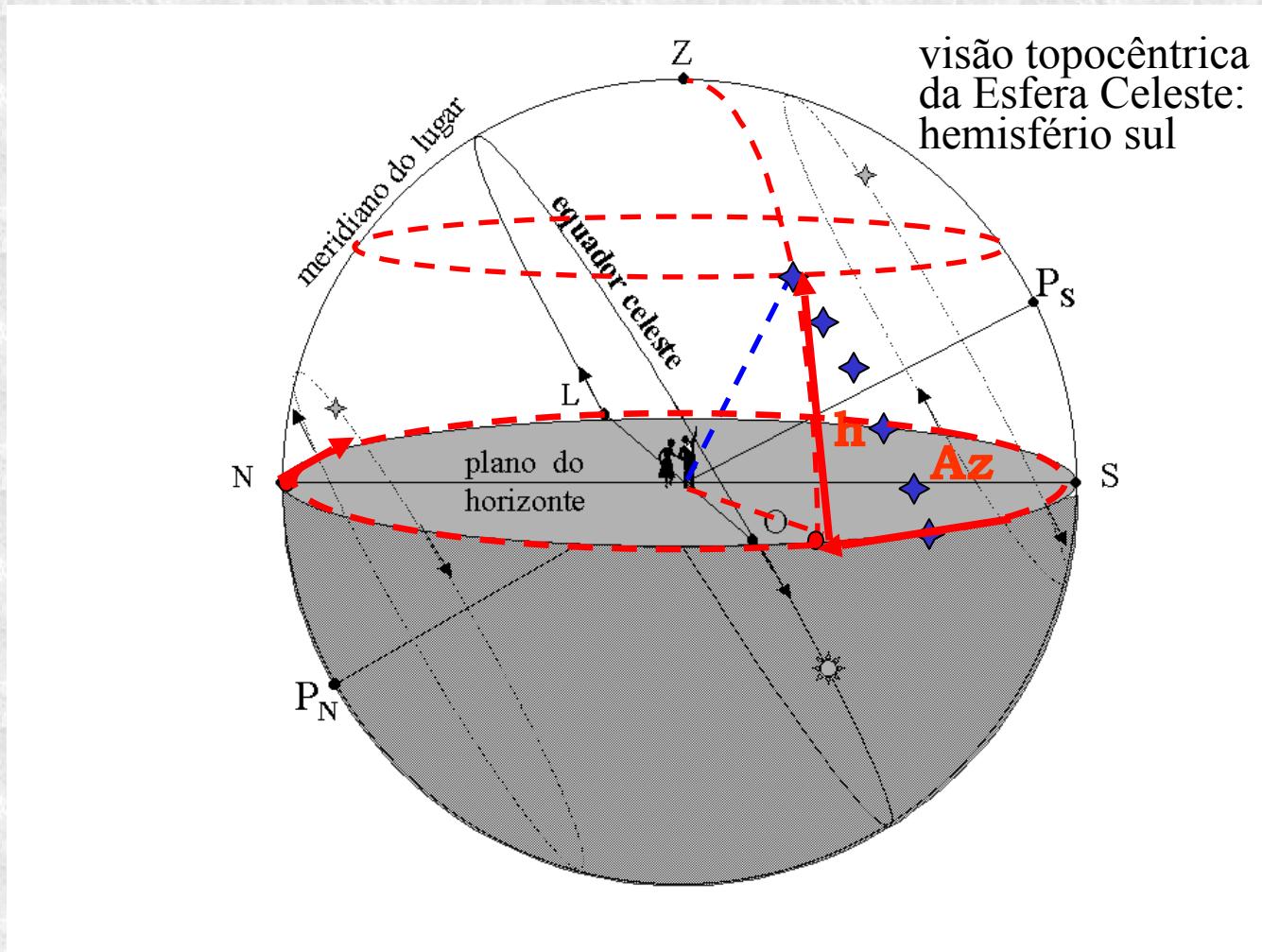
Bandeira Nacional: 27 estrelas & 27 estados da Federação

constelações como “vistas” de fora da Esfera Celeste
a partir do Rio de Janeiro no momento da Proclamação da República



COORDENADAS CELESTES HORIZONTAIS LOCAIS

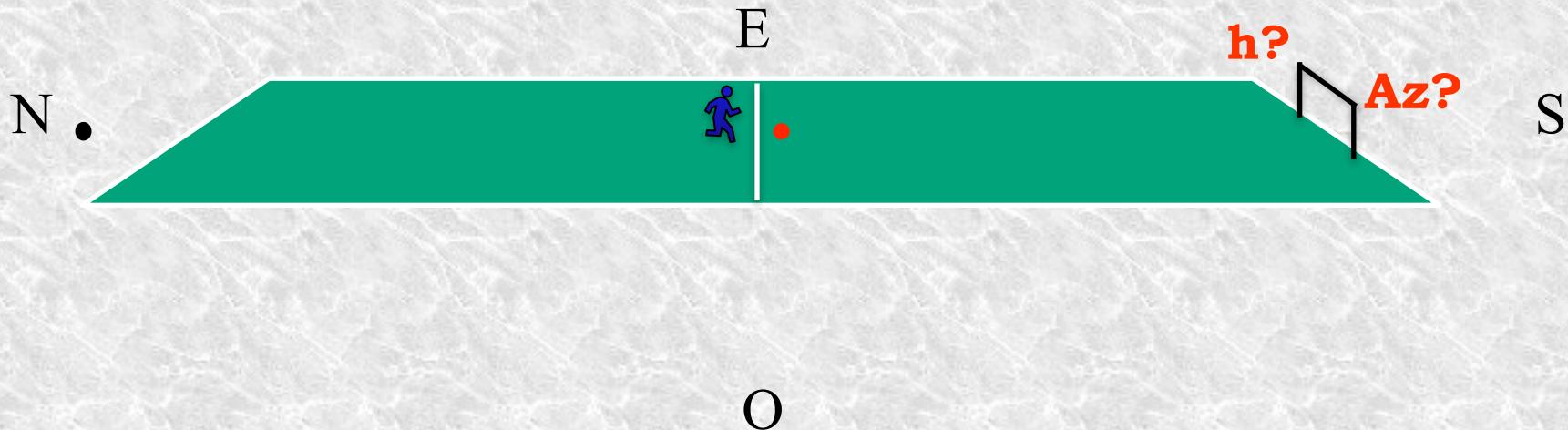
- **Altura** de 0° (Horizonte) a $+90^\circ$ (Zênite): **h**
- **Azimute** de 0° (N) a 360° , sentido Norte-Leste: **Az**



COORDENADAS CELESTES HORIZONTAIS LOCAIS

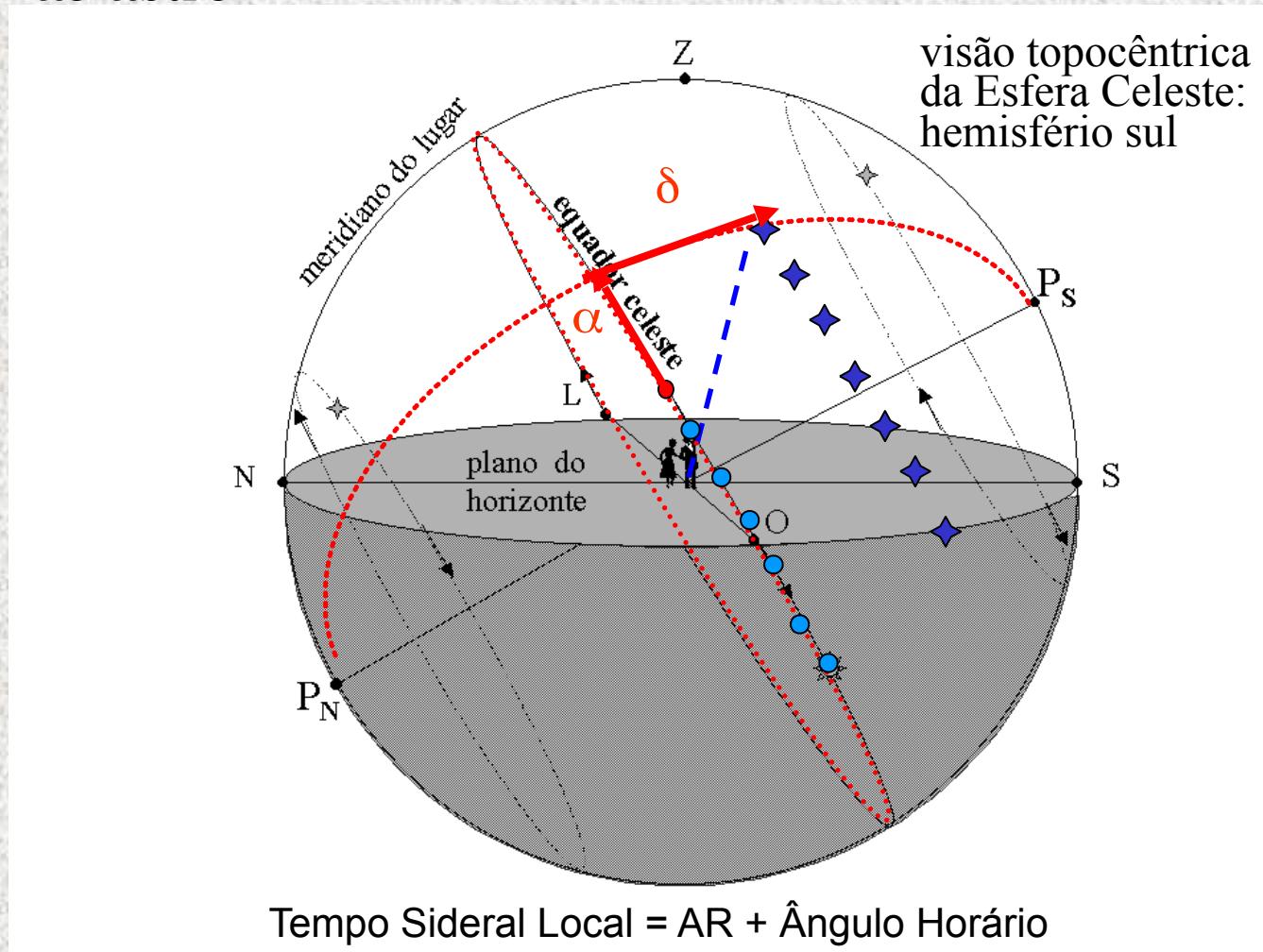
- **Altura** de 0° (Horizonte) a $+90^\circ$ (Zênite): **h**
- **Azimute** de 0° (N) a 360° , sentido Norte-Leste: **Az**

para acertar o gol, o jogador deve chutar a bola para qual Azimute?
E para qual Altura?



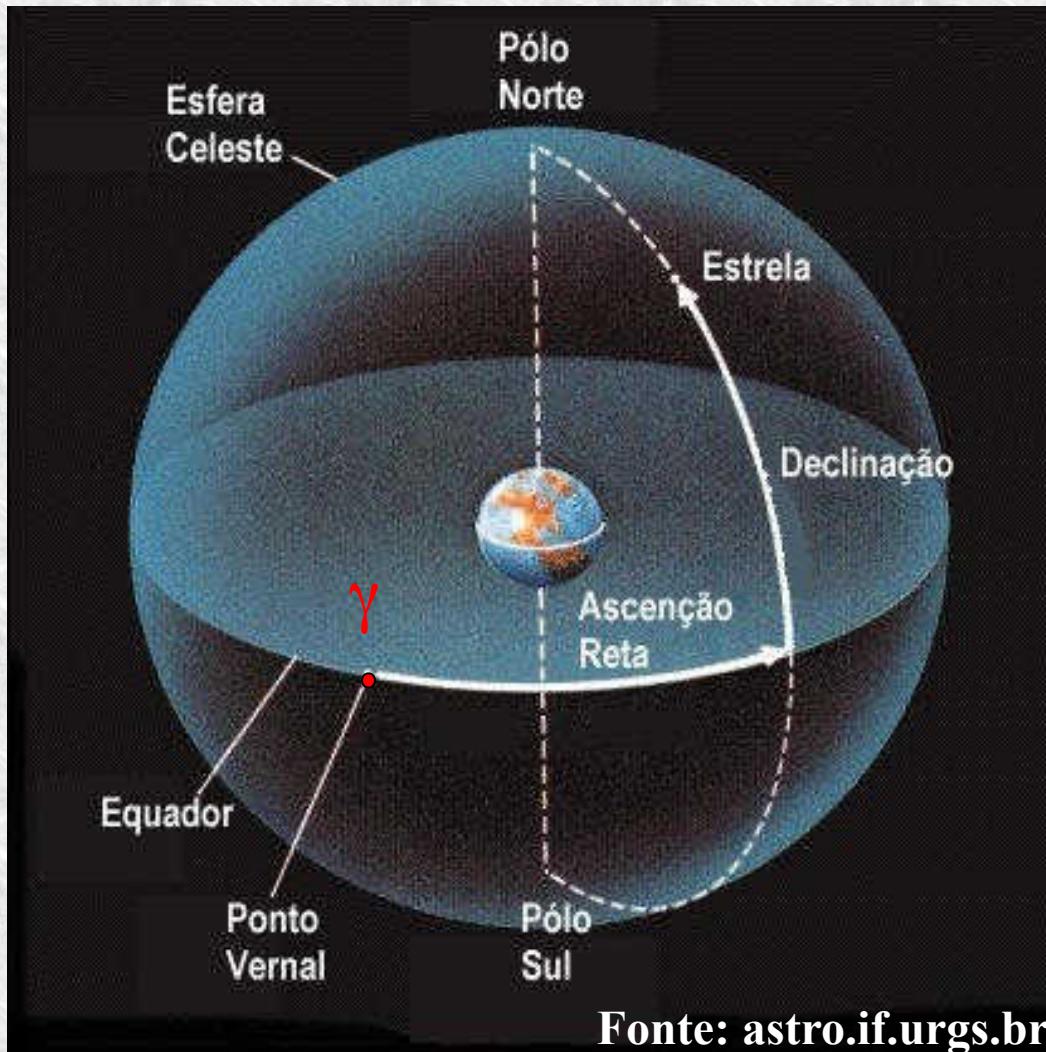
COORDENADAS CELESTES EQUATORIAIS

- Declinação de 0° (Equador) a $\pm 90^\circ$ (Pólos Norte e Sul): **DEC** ou δ
- Ascensão Reta de 0 h (Ponto Gama) a 24 h (O para L): **AR**, **RA** ou α
- “fixas” ao astro



COORDENADAS CELESTES EQUATORIAIS:

- **Declinação** de 0° (Equador) a $\pm 90^\circ$ (Pólos), **DEC** ou δ
- **Ascensão Reta** de 0 h (Ponto Vernal) a 24 h (O para L), **AR**, **RA** ou α
- “fixas” ao astro



Fonte: astro.if.urgs.br

ASTRONOMIA NO DIA A DIA

XXI Curso de Introdução à Astronomia e Astrofísica
CIAA 2021 ON-LINE



Dr. André Milone

Divisão de Astrofísica (DIAST)

andre.milone@inpe.br

Astronomia no dia a dia - AULA 2

Forma e movimentos da Terra

Metro e Segundo de Tempo têm origem astronômica

Dias e noites

Estações do ano

Calendário Solar

Constelações astronômicas

Coordenadas celestes

Fases da Lua

Eclipses do Sol e da Lua

Marés dos oceanos



FASES DA LUA

Dimensões da Lua, Terra e Sol

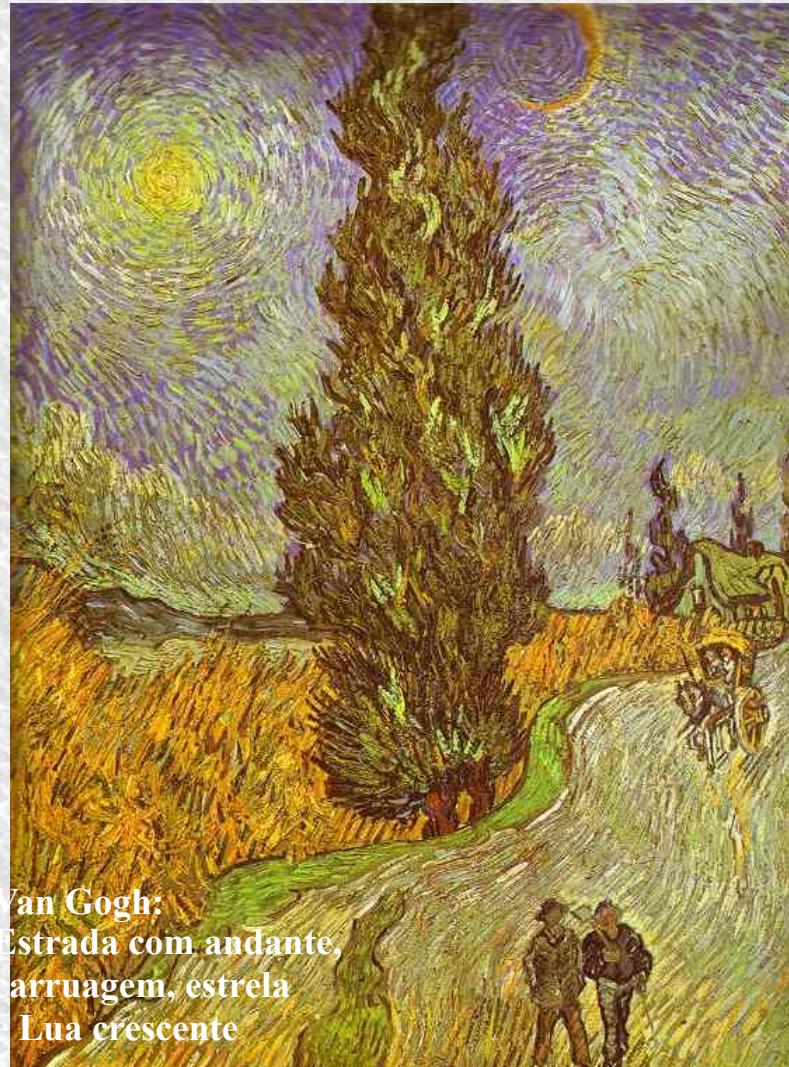
Astro iluminado

Origem da Lua

Órbita e movimentos da Lua

- órbita excêntrica
- sincronia rotação-translação

Fases da Lua



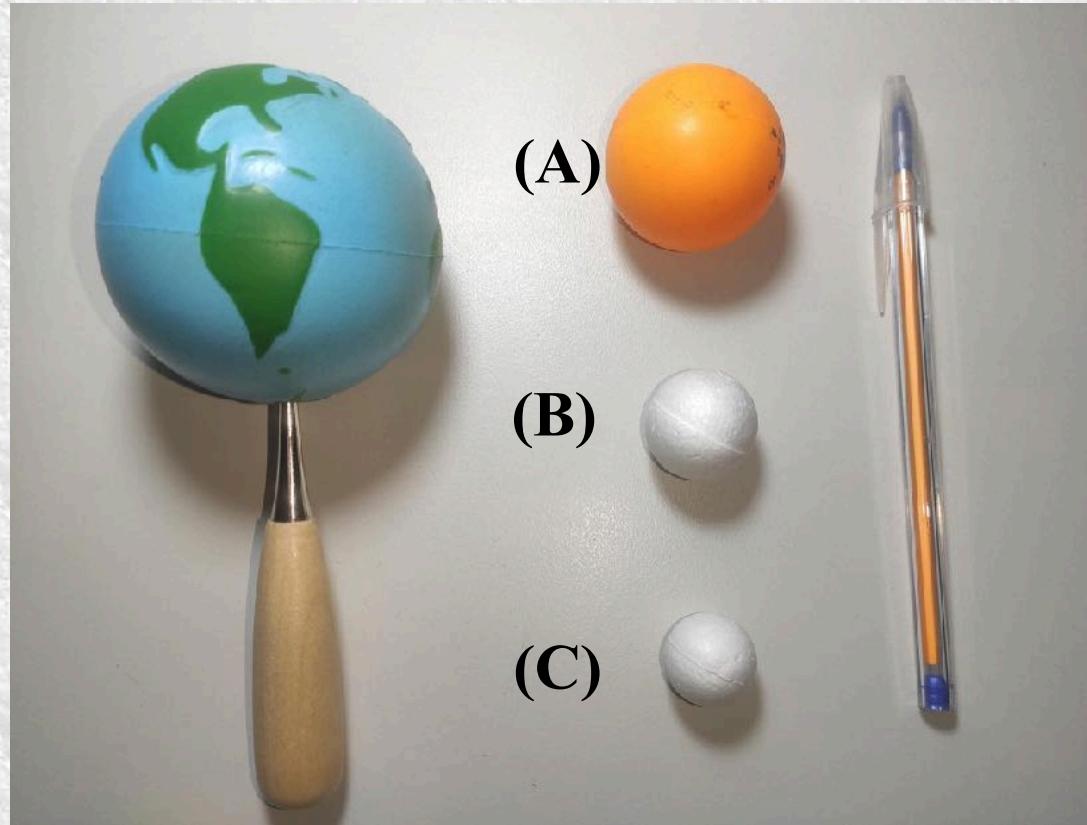
Van Gogh:
Estrada com andante,
carruagem, estrela
e Lua crescente

FASES DA LUA

- **A Lua aparece de dia no céu?**
 - Sim. Ela se movimenta ao redor da Terra (de oeste para leste no mesmo sentido que a Terra gira em torno de si e revoluciona ao redor do Sol).
- **Por que a Lua tem fases?**
 - Porque a Lua gira em torno da Terra enquanto é iluminada pelo Sol.
- **Por que a Lua mostra sempre a mesma face para a Terra?**
 - Sincronia de seu movimento de rotação com seu movimento de translação em torno da Terra. Ambos têm o mesmo período.
- **Existe lado escuro da Lua?**
 - Não. Porque a Lua gira em torno de si enquanto é iluminada pelo Sol.

Dimensões relativas do Sistema Terra-Lua

Qual seria o tamanho da Lua entre os três na foto abaixo?



Respostas levantando a mão!

Dimensões relativas do Sistema Terra-Lua

Tamanho relativo da Lua: resposta (C).

E a qual distância a Lua estaria da Terra nesta escala?

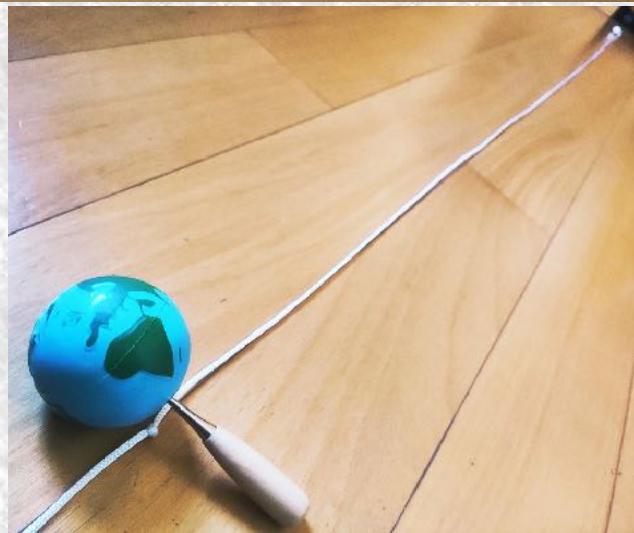
- (a) 20 cm
- (b) 1 metro
- (c) 2 metros

Respostas levantando a mão!



Dimensões relativas do Sistema Terra-Lua

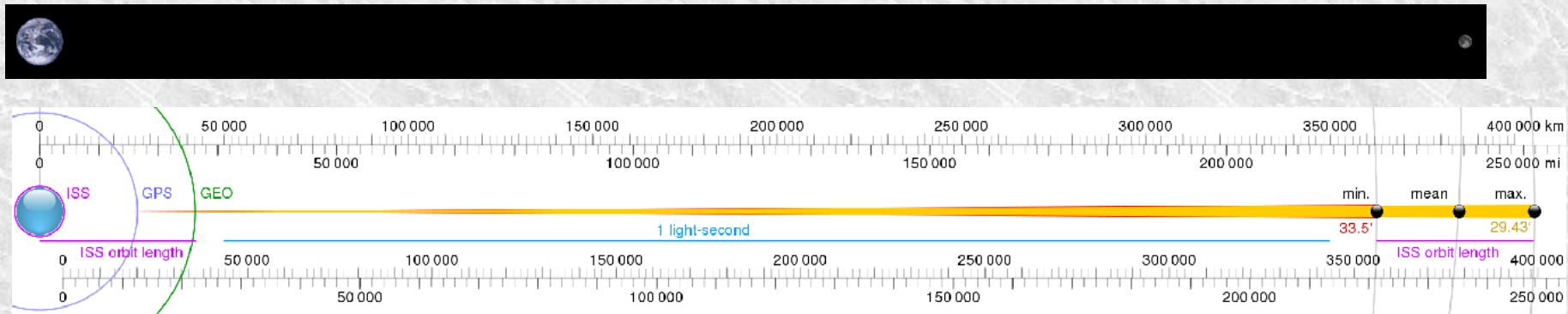
Distância relativa da Lua nesta escala: ~ 2 metros!



diâmetro e a distância do Sol nesta escala:

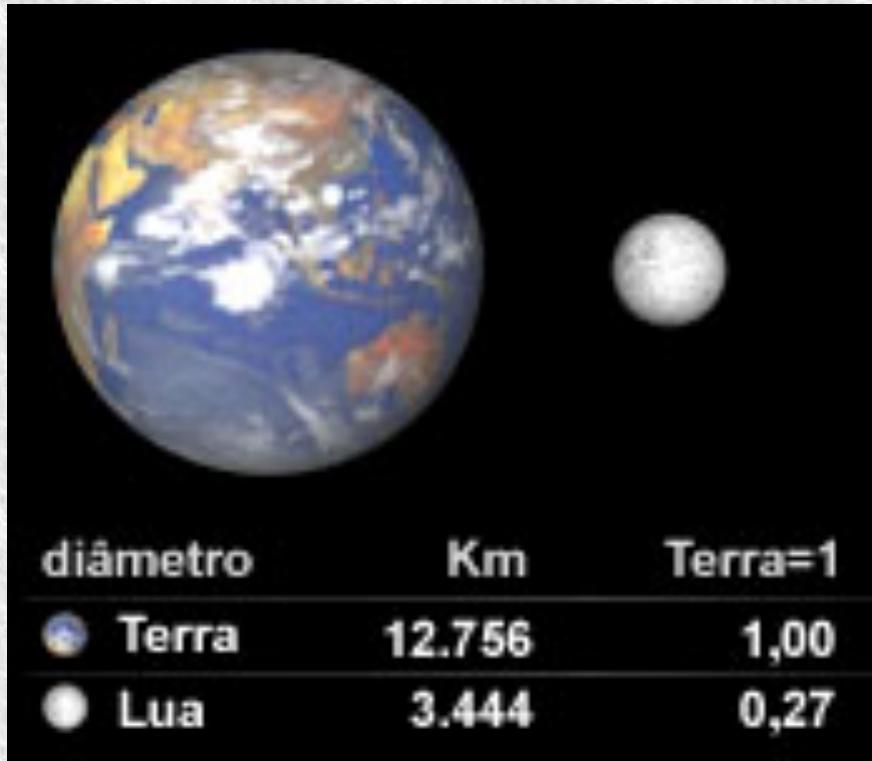
diâmetro do Sol \approx 7 metros
distância ao Sol \approx 800 metros

Sistema Terra-Lua: dimensões



Wikipedia

Dimensões da Lua e Terra



Gravidade superficial $g=G \cdot M / R^2$ (v_{escape}) & Densidade média, $\rho=3M/4\pi R^3$

- **Terra:** $9,8 \text{ m/s}^2$ ($11,2 \text{ km/s}$) & $5,5 \text{ g/cm}^3$
- **Lua:** $1,6 \text{ m/s}^2 \approx 1/6$ da terrestre ($2,4 \text{ km/s}$) & $3,3 \text{ g/cm}^3$

Diâmetro e Distância (relativos ao diâmetro terrestre)

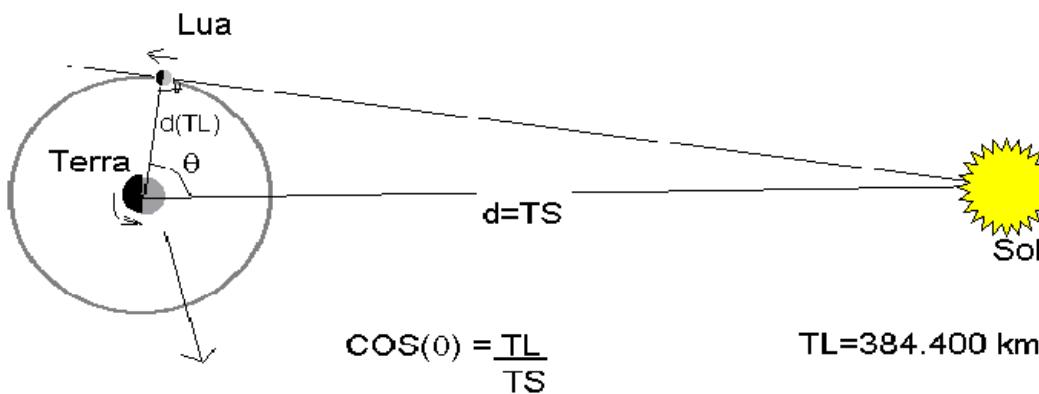
Terra	1	----
Lua	$\approx 1/4$	≈ 30
Sol	≈ 100	≈ 12.000

(sugestão de atividade)

ALGUNS DADOS FÍSICOS DO SOL, TERRA E LUA.

	Diâmetro equatorial	Massa (comparativa à Terra)	Volume (comparativo à Terra)	Distância média à Terra
Terra	12.756 km	1	1	-----
Lua	3.476 km	1/80	1/50	384.400 km
Sol	1.392.000 km	333.000	1.300.000	149.600.000 km

Cálculo da distância Terra-Sol (figura fora de escala): Aristarco (300 a.c.)



$$d(\text{Terra-Sol}) = TL / \cos(\theta)$$

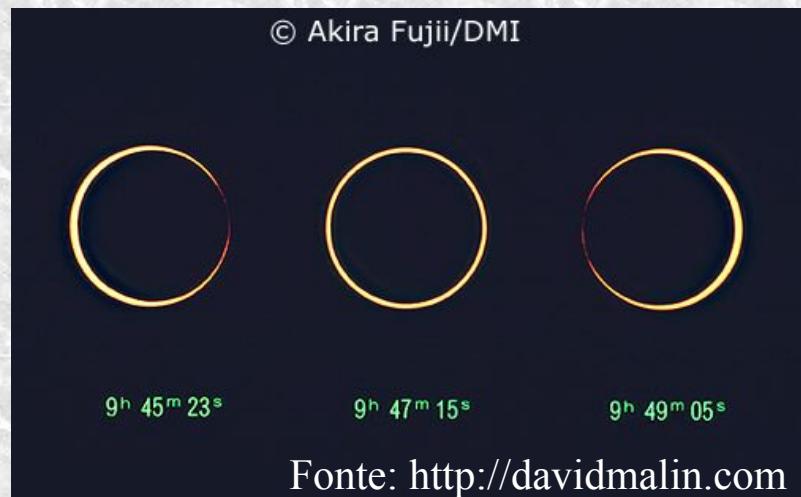
$\theta(\text{APIΣΑΠΧΟ}) = 87^\circ \quad \rightarrow 7.300.000 \text{ km}$

$\theta(\text{real}) = 89^\circ, 85 \quad \rightarrow 149.500.000 \text{ km}$

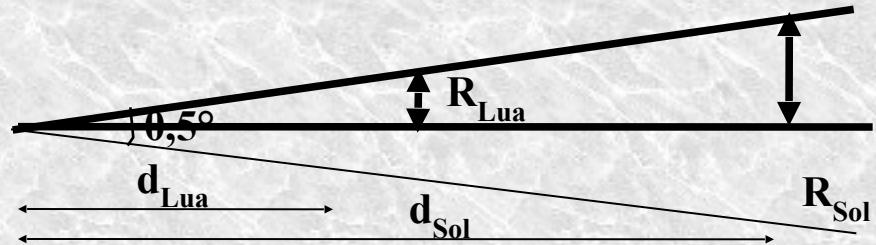
Aristarco: distância Terra-Sol $\approx 19 \times$ distância Terra-Lua

mais precisa: distância Terra-Sol $\approx 389 \times$ distância Terra-Lua

Tamanhos aparentes da Lua e Sol são comparáveis



$$R_{\text{Sol}}/R_{\text{Lua}} \approx 400 \approx d_{\text{Sol}}/d_{\text{Lua}}$$



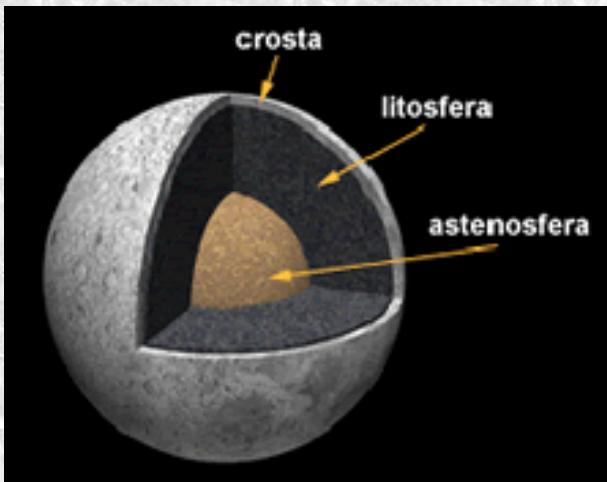
Origem da Lua: quatro hipóteses

- Grande impacto de um embrião planetário ou planeta (Theia, tamanho ~Marte) com a proto-Terra
- Ruptura rotacional da Terra
- Captura gravitacional pela Terra
- Agregação gravitacional simultânea com a Terra



Wikipedia

crosta sólida (regolito): basalto (Fe e Ni) nos *mares*, voltados para a Terra, e anortosito (Ca, Al e Si) nas montanhas

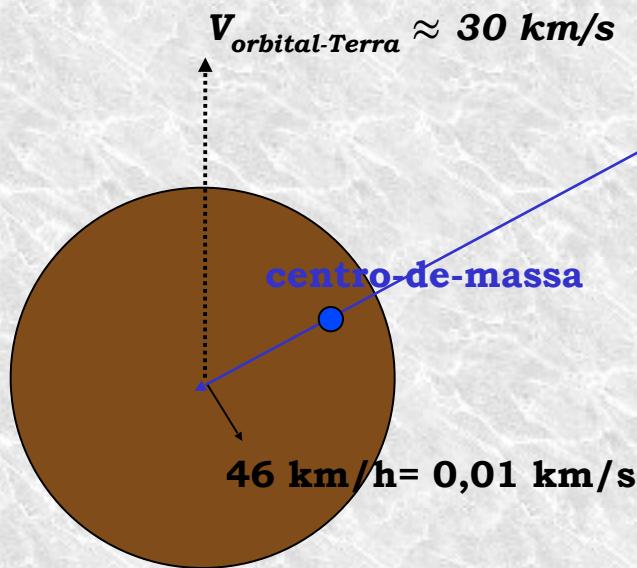


litosfera (manto com 3 camadas, mais interna parcialmente liquefeita e demais sólidas)

astenosfera (núcleo externo liquefeito + núcleo interno sólido)

Translação da Lua (fora de escala): por que a Lua não cai sobre a Terra?

Ponderabilidade gravitacional



$$m_T \cdot r_{T-CM} = m_L \cdot r_{L-CM}$$

$$m_T \cdot v_{T-CM} = m_L \cdot v_{L-CM}$$

$$3.700 \text{ km/h} \approx 1 \text{ km/s}$$

$$F_{L-T} = G \cdot m_L \cdot m_T / d_{L-T}^2$$

$$F_c = m_L \cdot v_L^2 / d_{L-T}$$

$$F_{L-T} = F_c$$

$$v_L = (G \cdot m_T / d_{L-T})^{1/2}$$

$$m_T = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$$

$$m_L = 7,35 \times 10^{22} \text{ kg}$$

$$d_{L-T} = 384.400.000 \text{ m}$$

$$G = 6,672 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$$

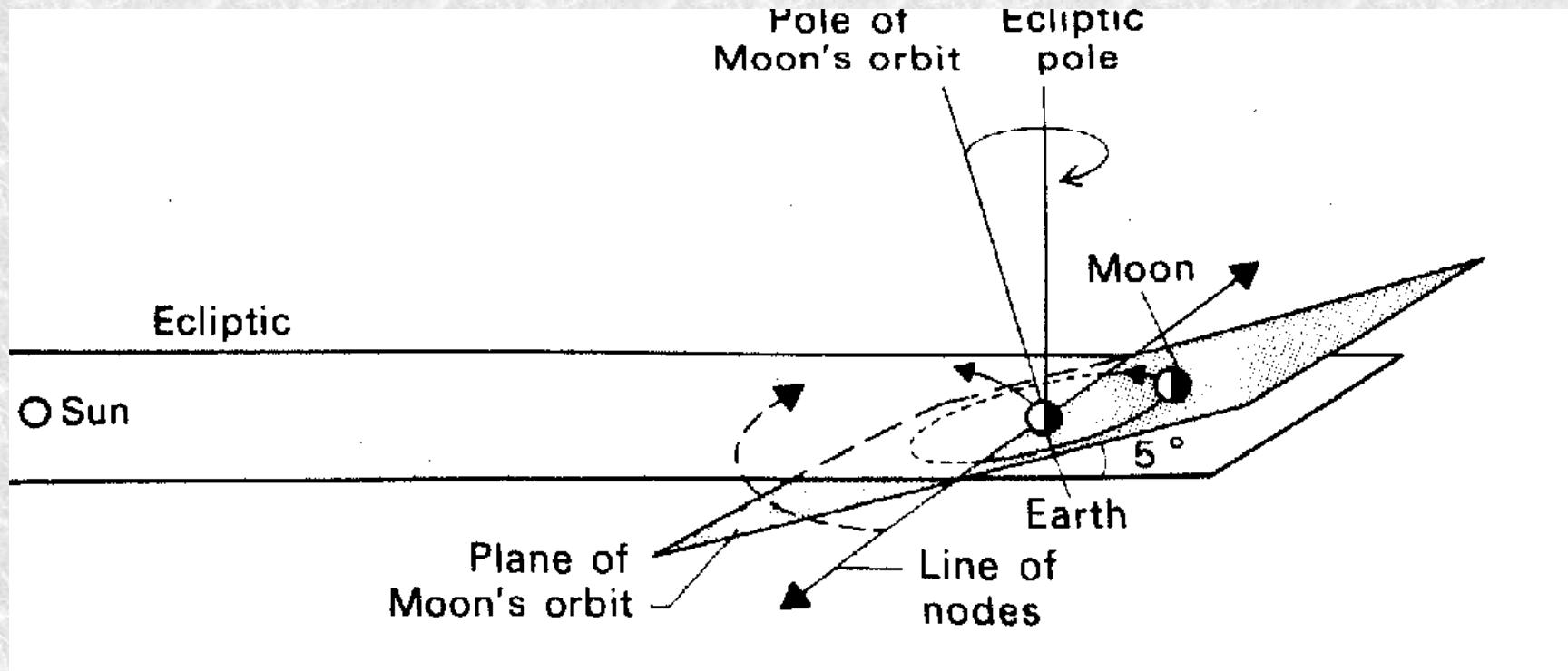
Variação do tamanho aparente da Lua devido a sua órbita elíptica



Fonte: <http://davidmalin.com>

Ilustração da órbita da Lua

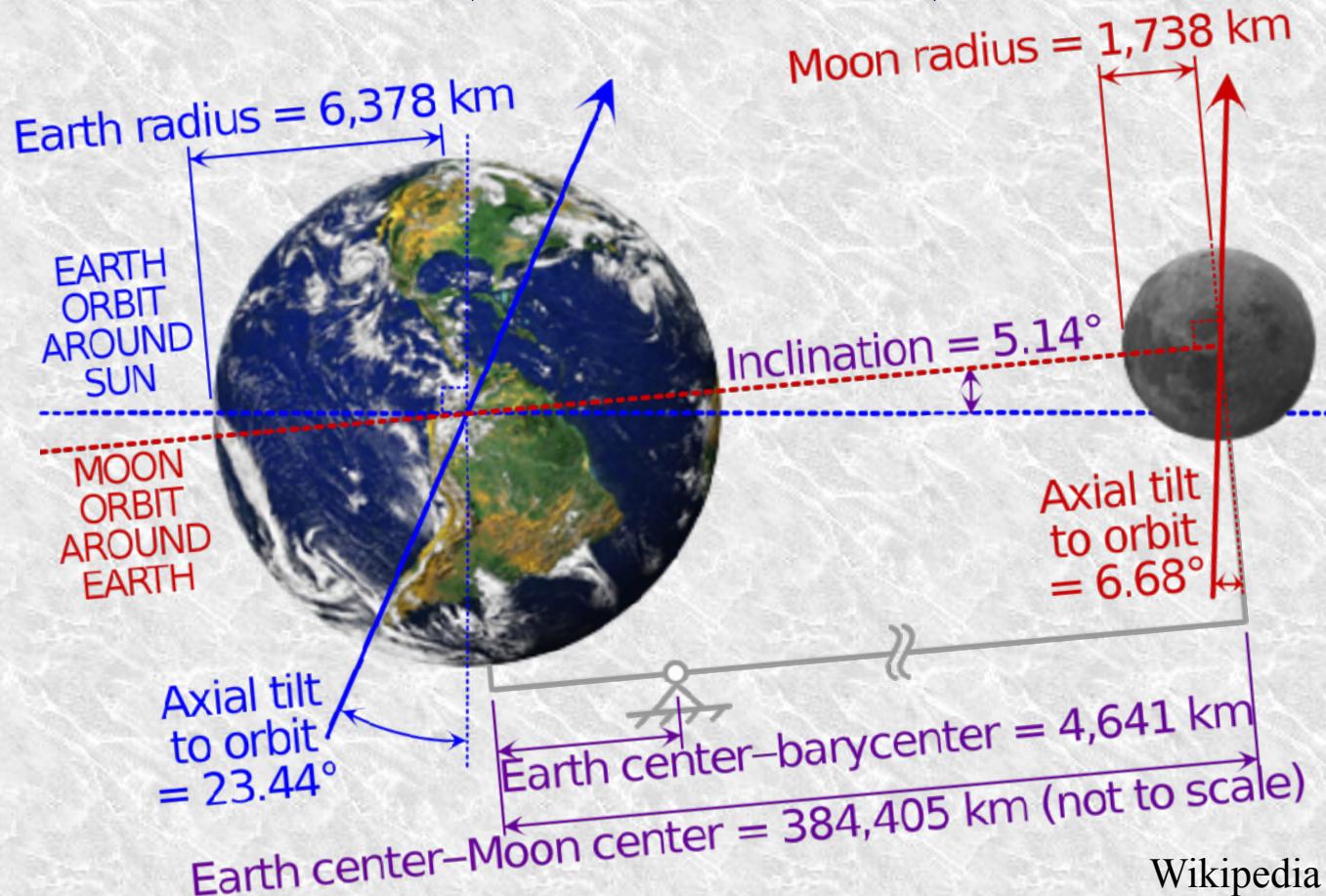
(fora de escala)



Dados importantes:

- Inclinação de $\approx 5^\circ$ entre as órbitas da Lua e Terra
- Precessão retrógrada da órbita lunar (Período=18,6 anos)

Geometria das órbitas e rotações da Lua e Terra (fora de escala)



Wikipedia

Dado técnico:

- A inclinação do eixo de rotação da Lua é de $\sim 7^\circ$ relativo à órbita dela, enquanto que o eixo da Terra é inclinado em quase $23,5^\circ$

Terra e seu satélite natural — astros iluminados: *a Lua reflete 7% da luz solar e a Terra 39%*



A Lua é iluminada pela Terra também!

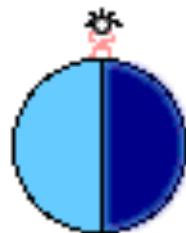


Sincronia da rotação e translação da Lua: mesma face voltada para Terra

S
O
L

Lua Nova

www.manta.evu.edu



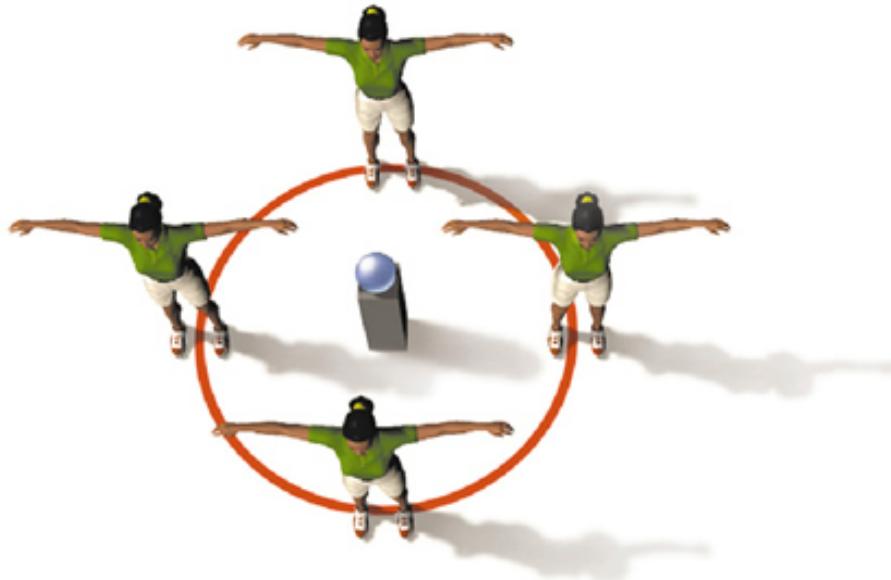
Lua
Quarto Minguante

Lua Cheia

Dados importantes:

- A órbita da Lua é elíptica: $d_{\text{Terra-Lua}} = 356.000 \text{ a } 406.400 \text{ km}$
- Período sideral de revolução da Lua = Período sideral de rotação da Lua = 27 dias, 7 h e 43 min
- Causa da sincronia: evolução dinâmica Lua-Terra (marés, diminuição de mov. rotação) a um equilíbrio!

Sincronia da rotação e translação da Lua: mesma face voltada para Terra (sugestão de atividade)



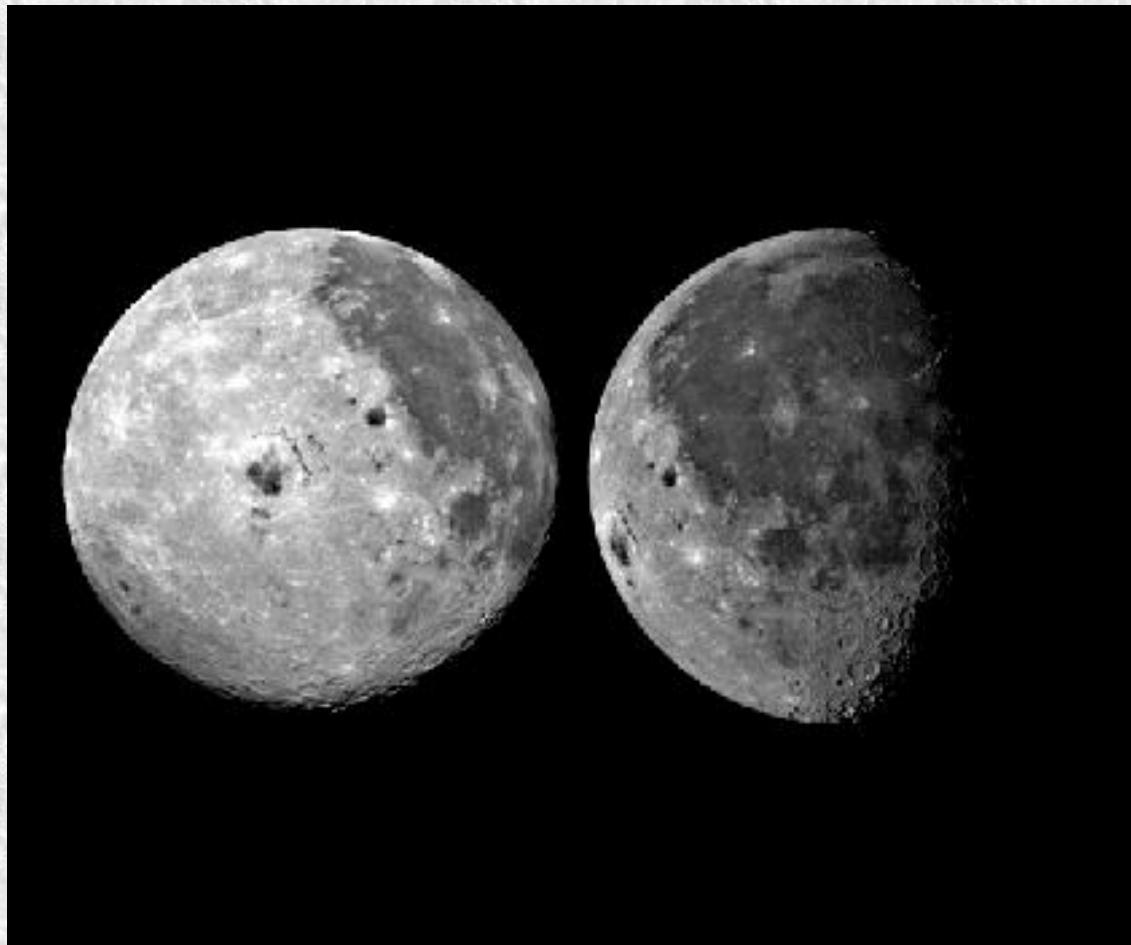
sem rotação



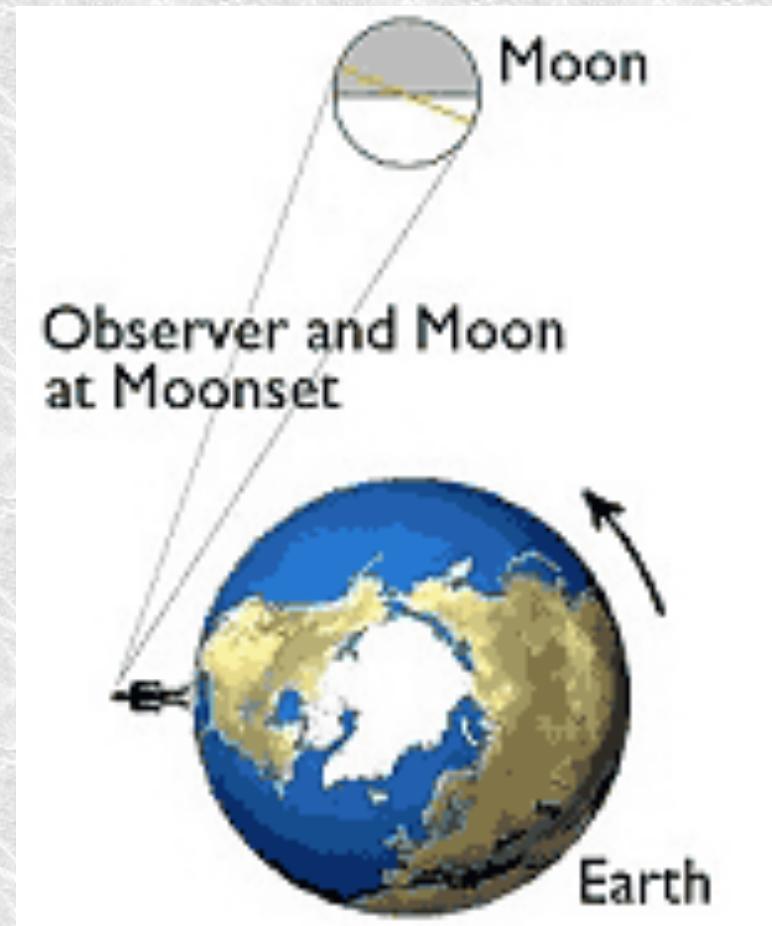
$$P_{\text{rotação}} = P_{\text{translação}}$$

© 2005 Pearson Education, Inc., publishing as Addison Wesley

**A face oculta da Lua visualizada em duas imagens
(repare que a Lua está em fase nova)**



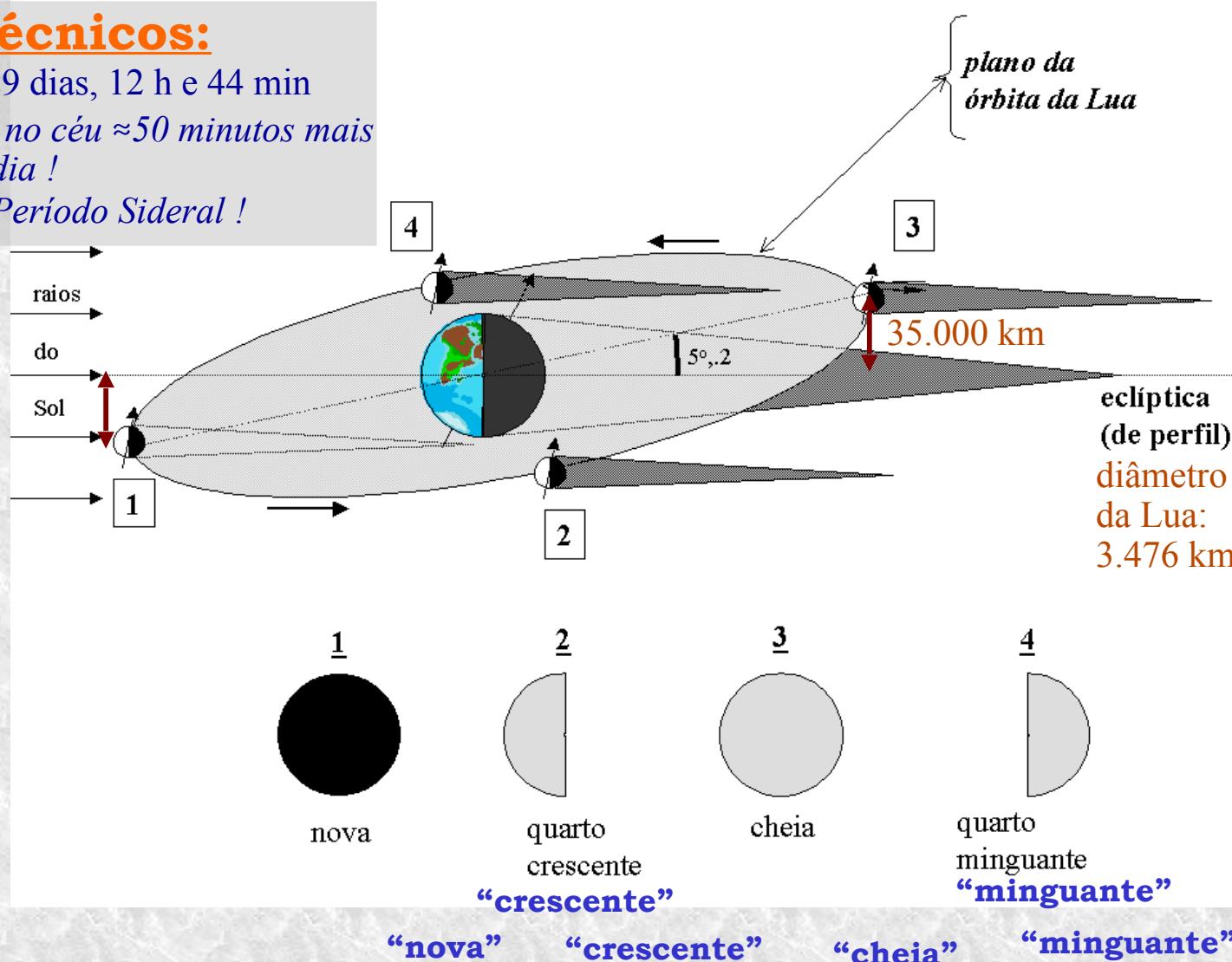
Da Terra, por efeito de paralaxe, a Lua parece vibrar e podemos visualizar mais que 50% da superfície lunar: libração



A translação da Lua (fora de escala): fases principais vistas do hemisfério sul da Terra

Dados técnicos:

- Lunação = 29 dias, 12 h e 44 min
- A Lua surge no céu \approx 50 minutos mais tarde a cada dia !
- Lunação > Período Sideral !



Astronomia no dia a dia: tarefas

D. observar o HORIZONTE OESTE no início da noite AO LONGO DE ALGUNS DIAS

- acompanhar o mov. aparente da Lua a cada 1 dia num horário fixo (ex. 19h)



A Lua em fases sequenciais



Fonte: www.air.and.space.com

A Lua também está presente no céu diurno (em diferentes fases)

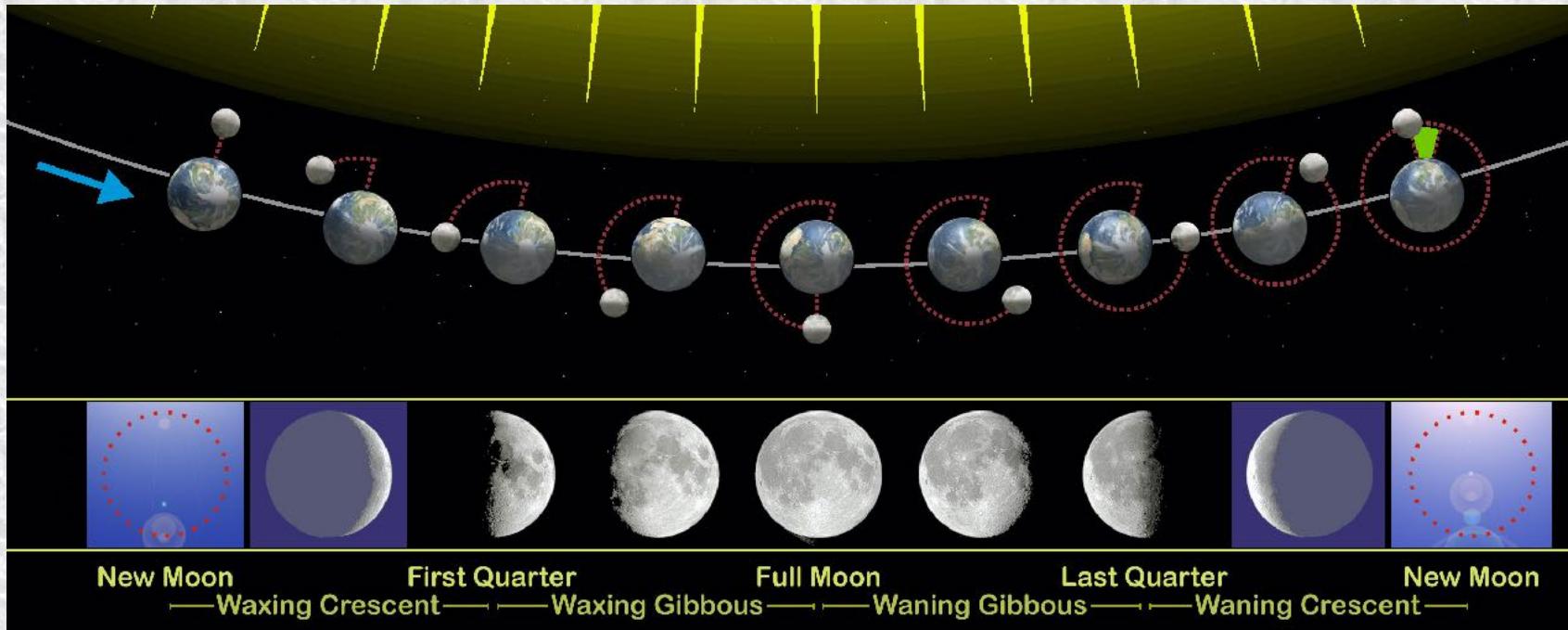


Dr. André Milone (INPE)



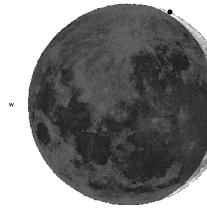
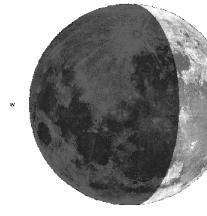
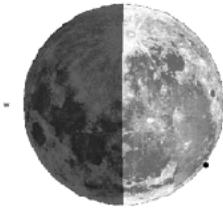
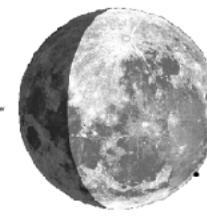
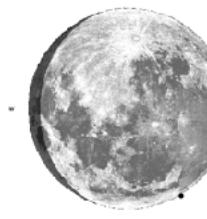
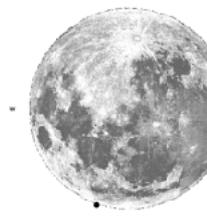
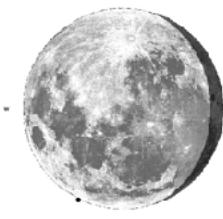
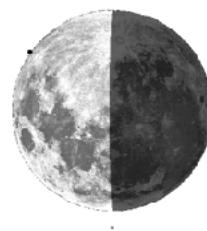
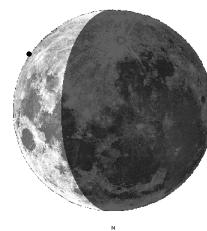
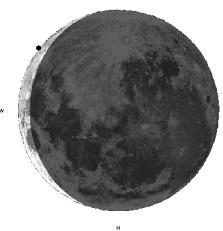
**Por que o período sideral de rotação da Lua (27,3 d)
é diferente da lunação (29,5 d)?**

Qual dos dois períodos representa o dia solar da Lua?



- Porque a Lua acompanha a revolução da Terra em torno do Sol. A lunação é maior porque a Lua gira em torno da Terra no mesmo sentido que a Terra “translada” ao redor do Sol.
- A lunação representa o dia solar da Lua, i.e. o dia na Lua dura 29,5 dias.

A Lua em fases sequenciais (hem. sul): intervalos de 1/12 da lunação ou 2,461 dias (solares)

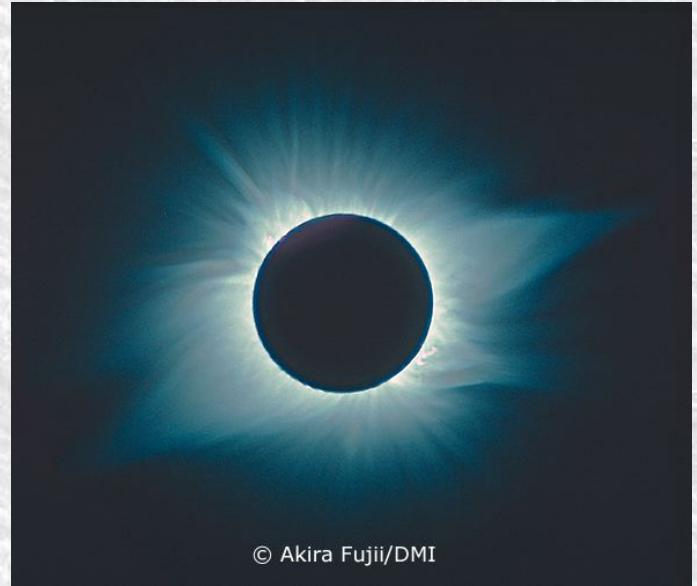


FASES DA LUA

- **A Lua aparece de dia no céu?**
 - Sim. Ela se movimenta ao redor da Terra (de oeste para leste no mesmo sentido que a Terra gira em torno de si e revoluciona ao redor do Sol).
- **Por que a Lua tem fases?**
 - Porque a Lua gira em torno da Terra enquanto é iluminada pelo Sol.
- **Por que a Lua mostra sempre a mesma face para a Terra?**
 - Sincronia de seu movimento de rotação com seu movimento de translação em torno da Terra. Ambos têm o mesmo período (períodos siderais).
- **Existe lado escuro da Lua?**
 - Não. Porque a Lua gira em torno de si enquanto é iluminada pelo Sol.

ECLIPSES DA LUA E SOL

- **Frequência dos eclipses**
 - plano e precessão da órbita da Lua
- **Eclipses da Lua**
 - tipos e durações
- **Eclipses do Sol**
 - tipos e durações



Eclipses da Lua e Sol & marés dos oceanos

- **O que são eclipses da Lua?**

- Ocorrem quando se tem Sol-Terra-Lua “alinhados” nesta ordem, tal que a Terra eclipsa total ou parcialmente a Lua Cheia (Lua atravessa a sombra da Terra).
- Basta ter a Lua no céu pra ser visualizado. São fenômenos de observação simultânea a partir de diferentes locais.

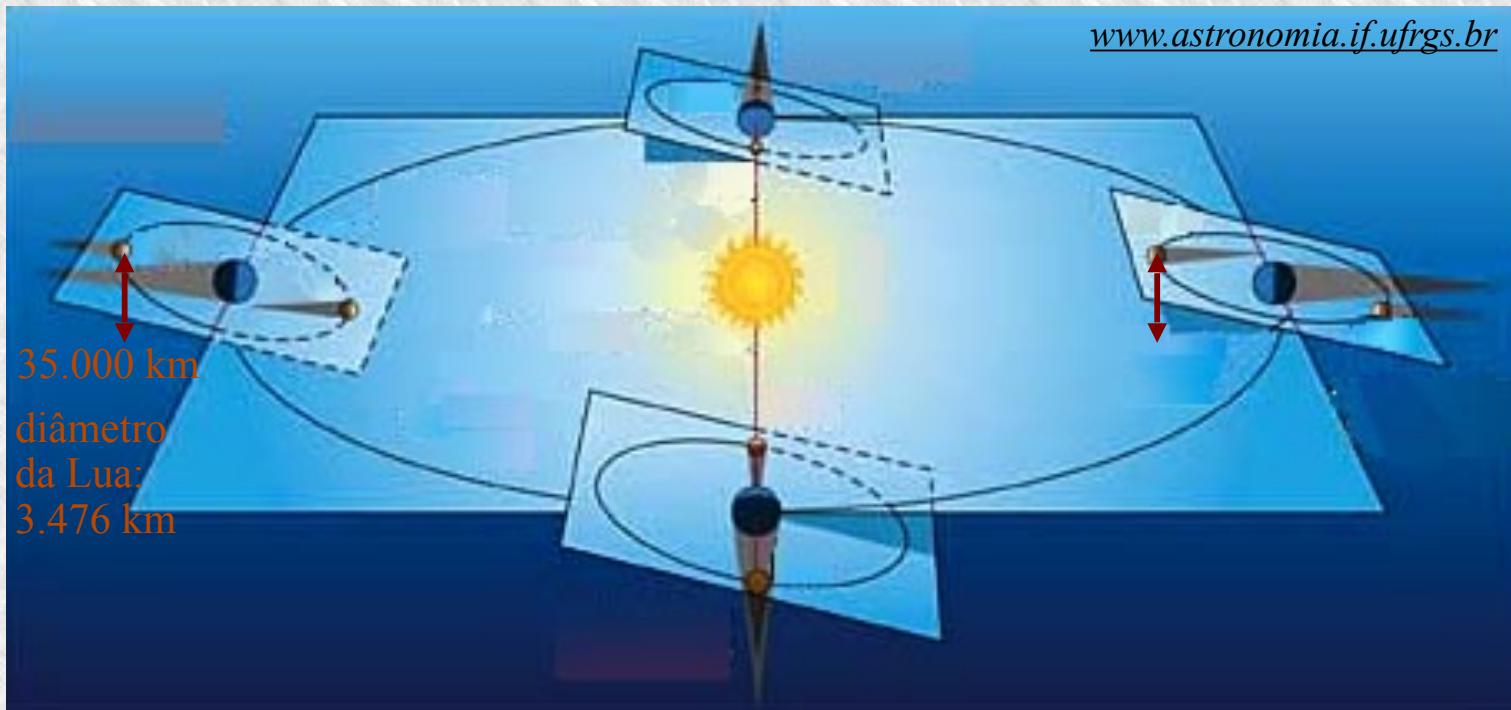
- **O que são eclipses do Sol?**

- Ocorrem quando se tem Sol-Lua-Terra “alinhados” nesta ordem, tal que a Lua eclipsa o Sol total ou parcialmente (Lua projeta sombra na Terra).
- Eclipses solares acontecem com maior frequência do que os eclipses da Lua, mas são vistos em número menor a partir de um dado local. São fenômenos de observação não-simultânea (a sombra da Lua percorre a superfície terrestre ocultando o Sol em instantes continuamente distintos).

- **Qual é a causa das marés dos oceanos?**

- Atração gravitacional mútua da Lua e Sol. A atração diferencial de cada astro sobre partes opostas da Terra faz “escorrer” os oceanos na direção astro-Terra.

Órbita da Lua em diferentes pontos da órbita da Terra (fora de escala)



Dados importantes

- **Órbita elíptica** da Lua $\leftrightarrow d_{\text{Terra-Lua}}$ varia de 356.000 a 406.400 km
- **Inclinação entre planos orbitais** da Lua/Terra \leftrightarrow **não há eclipses em todas lunações**
- **Precessão retrógrada** da órbita lunar ($P = 18,6$ anos) \leftrightarrow **frequência dos eclipses & nutação 1 do eixo terrestre**

Frequência dos eclipses lunares e solares

Se a órbita da Lua estivesse no mesmo plano da órbita da Terra:

- os eclipses da Lua e Sol ocorreriam em todas Luas Cheias e Novas respectivamente

Se a orientação da órbita da Lua não variasse (considerando inclinação entre os planos orbitais):

- os eclipses da Lua e Sol ocorreriam a cada 6 meses (aos pares talvez)

Mas, como a órbita da Lua é inclinada e tem precessão retrógrada além de outros fatores geométricos:

- Os eclipses ocorrem a cada 173 dias (1, 2 ou 3 eclipses) numa certa ordenação perfazendo um ciclo a cada 18 anos e 11 dias (Período de Saros, que sempre apresenta 29 lunares e 41 solares).

Os eclipses solares acontecem em maior número. Anualmente, ocorrem no mínimo 2 eclipses (que são solares) e no máximo 7 (5 solares e 2 lunares ou 4 solares e 3 lunares).

- Porém, de um dado local, há mais chance de se observar eclipses lunares!

Eclipses da Lua

Penumbral

- Quando a **Lua percorre apenas a penumbra** da Terra
- Imperceptível à visão humana

Parcial

- Quando a **Lua fica parcialmente imersa na umbra** da Terra

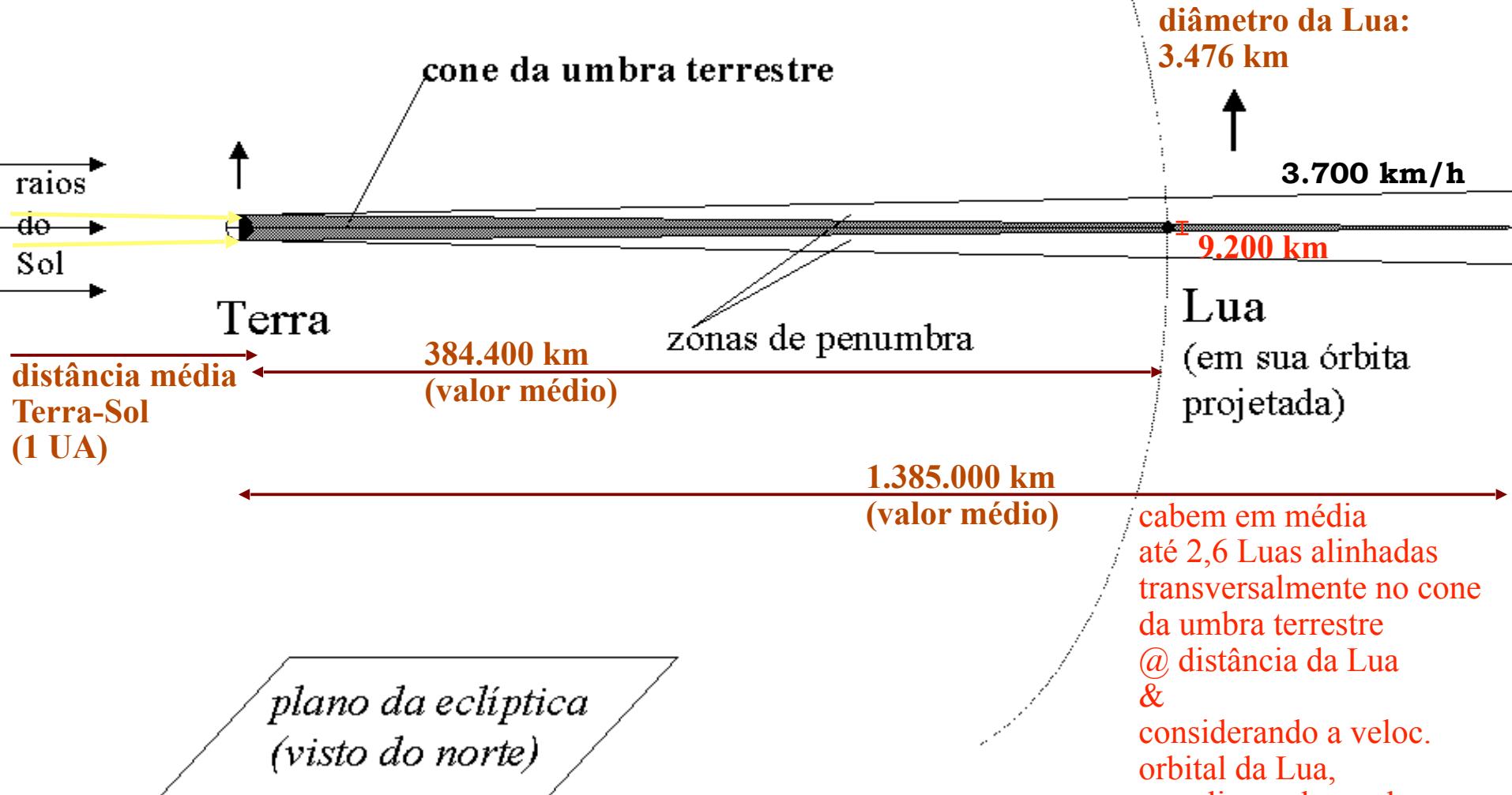
Total

- Quando a **Lua fica totalmente imersa na umbra** da Terra
- Porém, a Lua não fica totalmente obscurecida. POR QUE???
- (magnitude = número ou fração de diâmetros lunares imersos, direção radial, no instante do meio da totalidade)

*Eclipses da Lua são fenômenos de observação simultânea
&
somente são vistos a partir da parte noturna da Terra!*

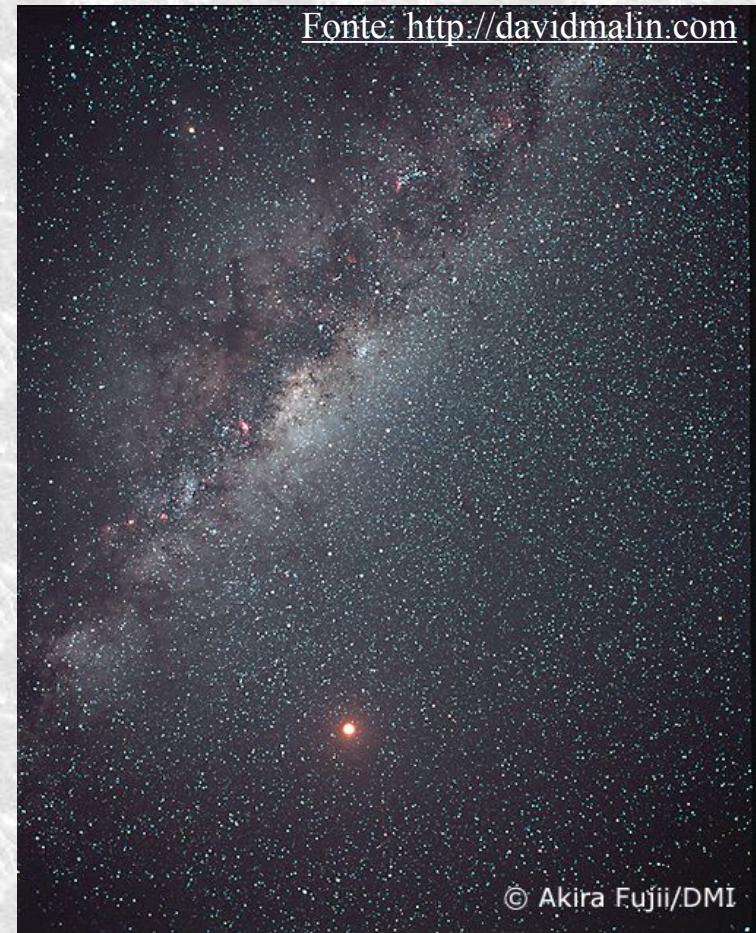
Ilustração de um eclipse lunar total

(distância e dimensões Terra-Lua em escala,
exceto dimensão da sombra terrestre)



Fotografias de eclipses da Lua

Fonte: <http://davidmalin.com>



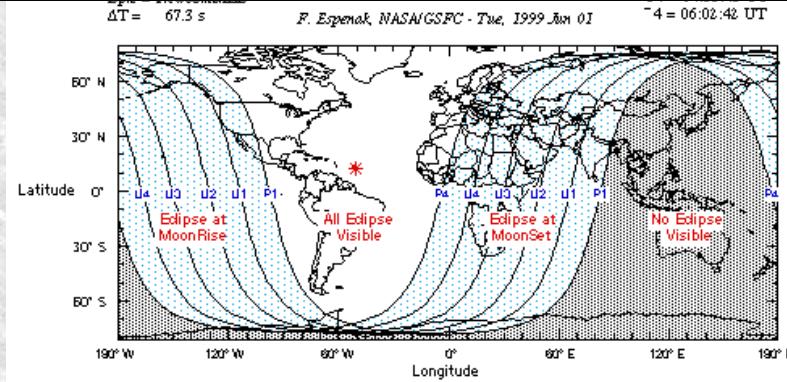
Dr. André Milone (DIAST-INPE)

Durações dos eclipses lunares

- ➡ Durante um eclipse lunar, a Lua percorre a sombra da Terra com uma velocidade média de 3.700 km/h
- ➡ No caso de um eclipse total, a Lua precisa percorrer no máximo o diâmetro da umbra terrestre que na distância da Lua tem em média 9.200 km; então a **totalidade pode durar até 1 hora e 33 minutos** e o **fenômeno completo** desde o início até o fim da parcialidade **pode durar até 3 horas e 26 minutos ou 6 horas considerando os percursos da penumbra**



O eclipse total da Lua de 27-28/outubro/2004: “passeio” da Lua através da sombra da Terra



Fotografias de eclipses da Lua

(publicadas na mídia nacional)



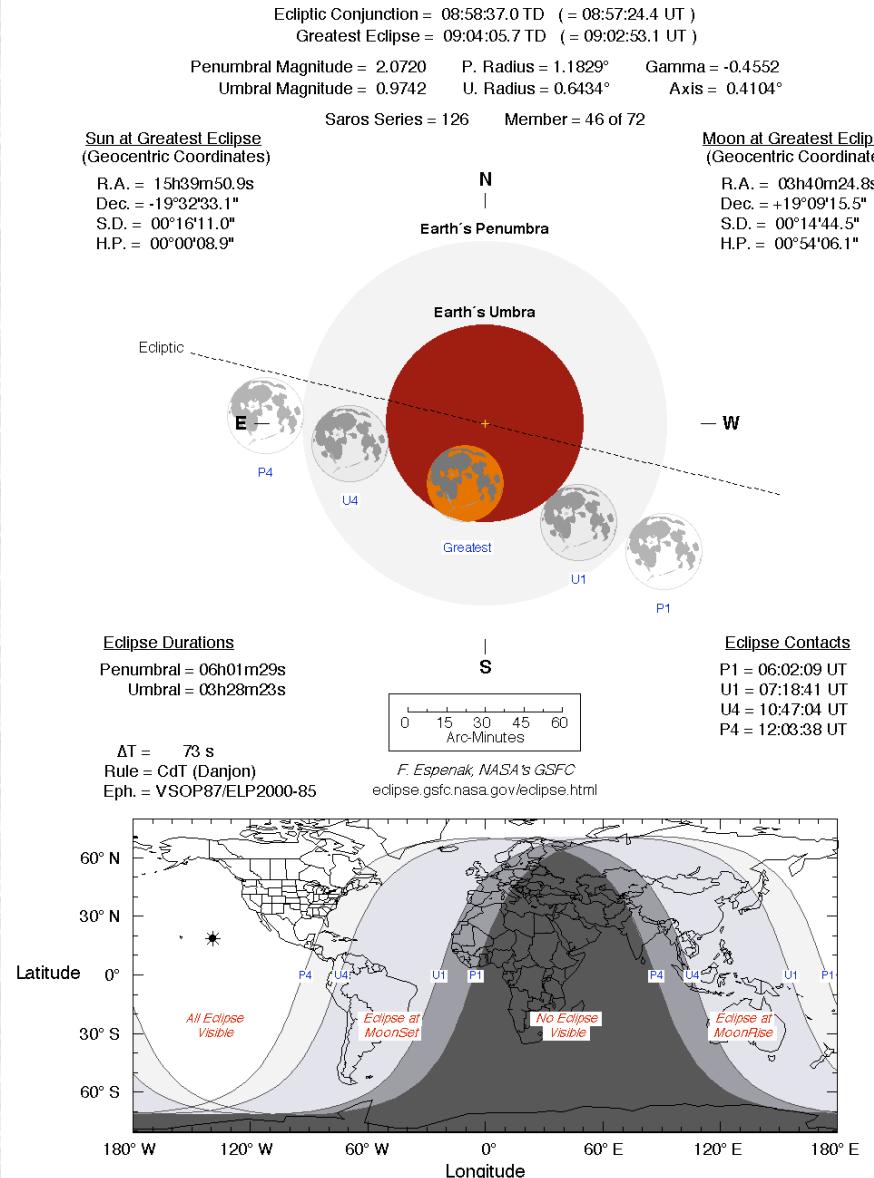
Dr. André Milone (DIAST-INPE)

Próximos eclipses da Lua: eclipse.gsfc.nasa.gov/lunar.html

Lunar Eclipses: 2021 - 2030						
Calendar Date	TD of Greatest Eclipse	Eclipse Type	Saros Series	Umbral Magnitude	Eclipse Duration	Geographic Region of Eclipse Visibility
2021 May 26	11:19:53	Total	121	1.009	03h07m 00h15m	e Asia, Australia, Pacific, Americas
2021 Nov 19	09:04:06	Partial	126	0.974	03h28m	Americas, n Europe, e Asia, Australia, Pacific
2022 May 16	04:12:42	Total	131	1.414	03h27m 01h25m	Americas, Europe, Africa
2022 Nov 08	11:00:22	Total	136	1.359	03h40m 01h25m	Asia, Australia, Pacific, Americas
2023 May 05	17:24:05	Penumbral	141	-0.046	-	Africa, Asia, Australia
2023 Oct 28	20:15:18	Partial	146	0.122	01h17m	e Americas, Europe, Africa, Asia, Australia
2024 Mar 25	07:13:59	Penumbral	113	-0.132	-	Americas
2024 Sep 18	02:45:25	Partial	118	0.085	01h03m	Americas, Europe, Africa
2025 Mar 14	06:59:56	Total	123	1.178	03h38m 01h05m	Pacific, Americas, w Europe, w Africa
2025 Sep 07	18:12:58	Total	128	1.362	03h29m 01h22m	Europe, Africa, Asia, Australia
2026 Mar 03	11:34:52	Total	133	1.151	03h27m 00h58m	e Asia, Australia, Pacific, Americas
2026 Aug 28	04:14:04	Partial	138	0.930	03h18m	e Pacific, Americas, Europe, Africa
2027 Feb 20	23:14:06	Penumbral	143	-0.057	-	Americas, Europe, Africa, Asia
2027 Jul 18	16:04:09	Penumbral	110	-1.068	-	e Africa, Asia, Australia, Pacific
2027 Aug 17	07:14:59	Penumbral	148	-0.525	-	Pacific, Americas
2028 Jan 12	04:14:13	Partial	115	0.066	00h56m	Americas, Europe, Africa
2028 Jul 06	18:20:57	Partial	120	0.389	02h21m	Europe, Africa, Asia, Australia
2028 Dec 31	16:53:15	Total	125	1.246	03h29m 01h11m	Europe, Africa, Asia, Australia, Pacific

Próximo eclipse lunar parcial visível do Brasil

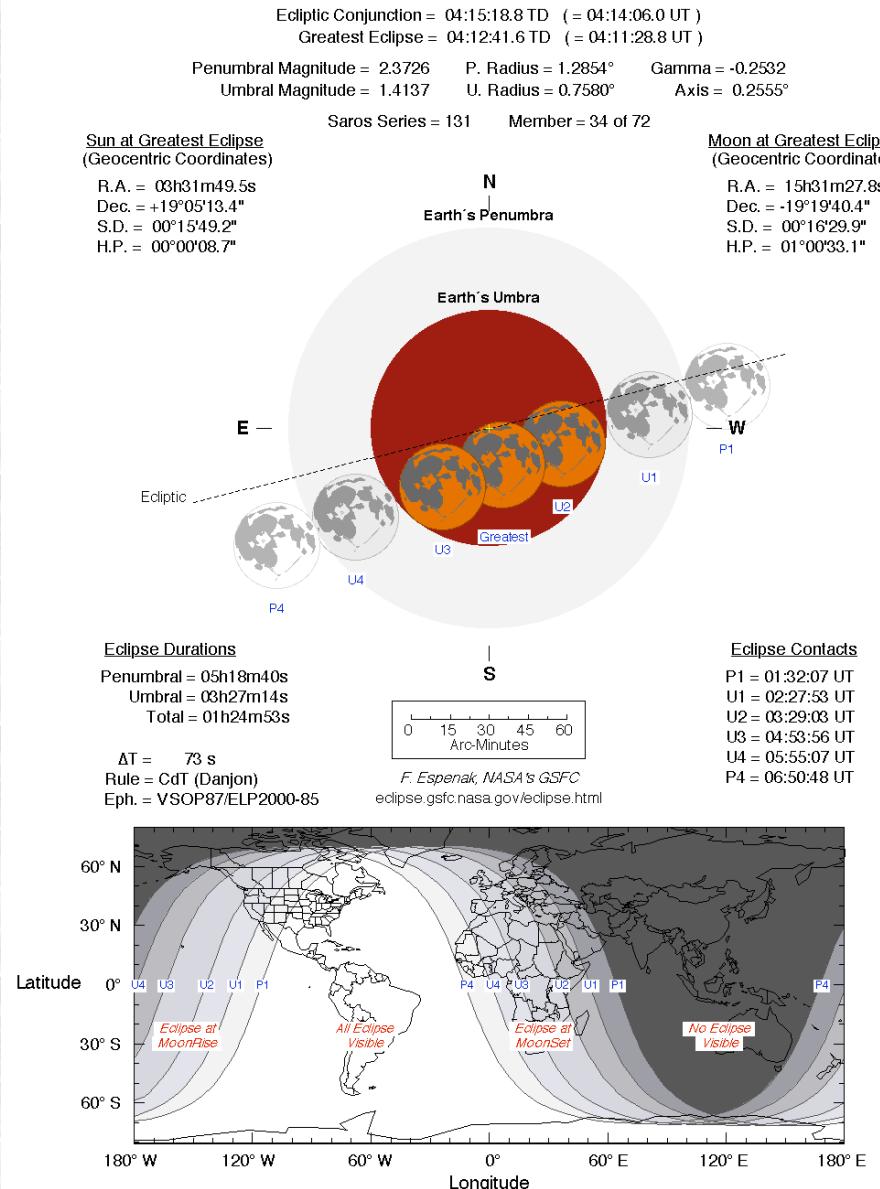
Partial Lunar Eclipse of 2021 Nov 19



2009 Apr 29

Próximo eclipse lunar total visível do Brasil

Total Lunar Eclipse of 2022 May 16

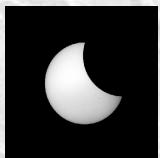


2009 Apr 29

Eclipses do Sol

Parcial

- Quando a **Lua projeta apenas sua penumbra** na Terra
- O Sol, visto de alguns locais, é parcialmente encoberto pela Lua



Anular



- Quando a **Lua está alinhada com o Sol, está mais afastada da Terra e projeta apenas sua penumbra** na Terra
- É visto como parcial não-anular de certos locais

Total



- Quando a **Lua projeta sua umbra (e penumbra)** na Terra
- É visto como parcial de certos locais

Fenômenos de observação não-simultânea!

Ilustrações fora de escala: <http://www.brasilolheparaoceu.org.br>

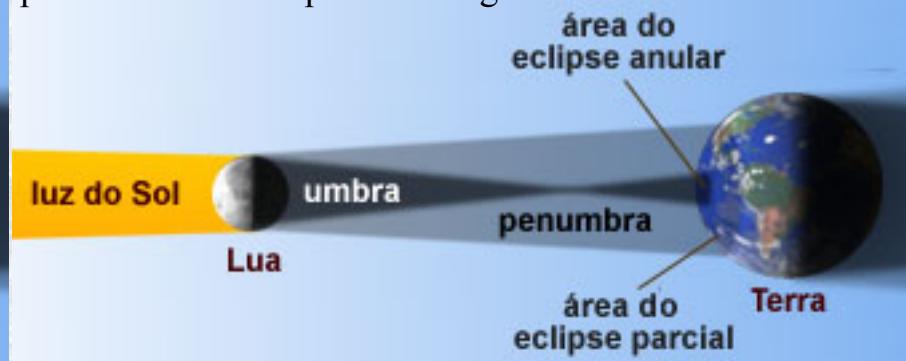
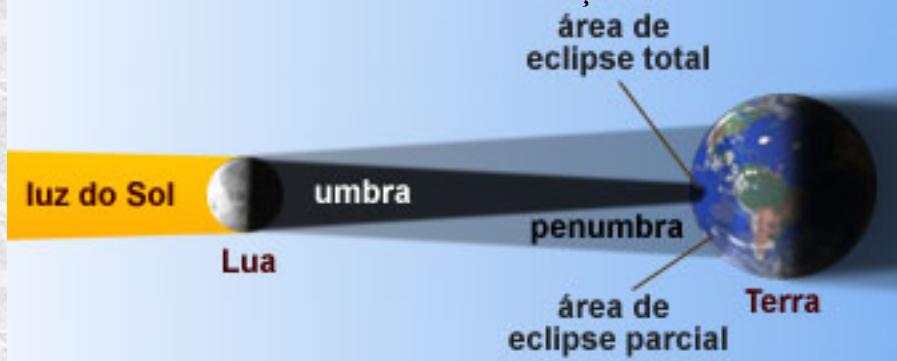
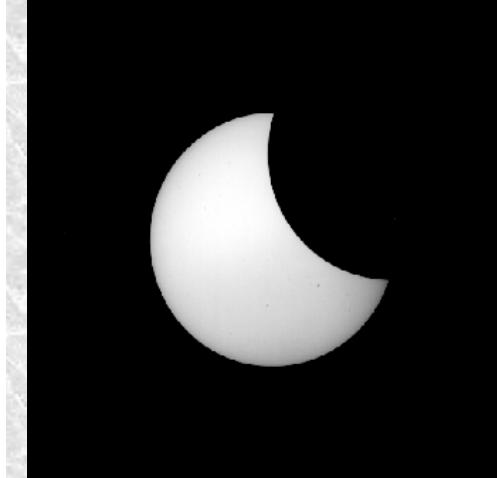
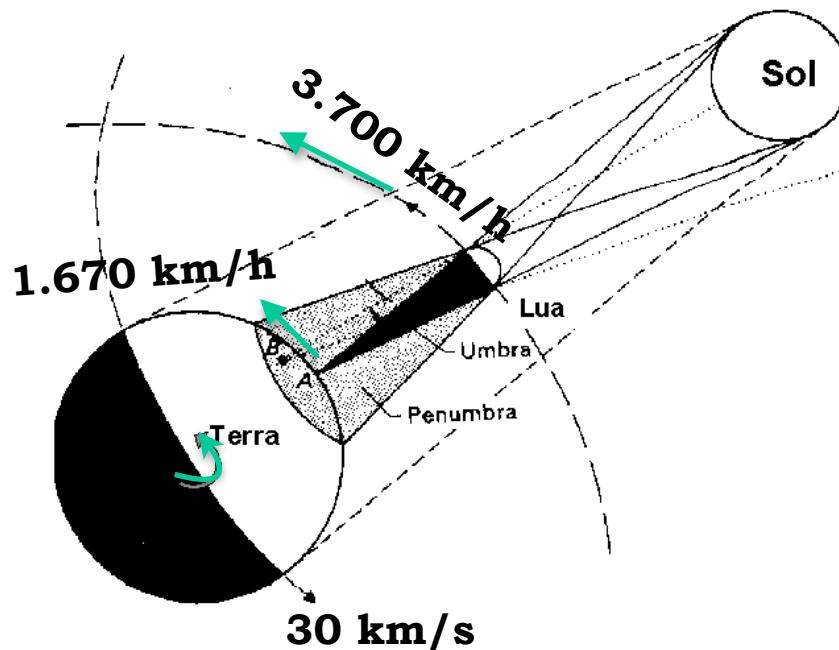
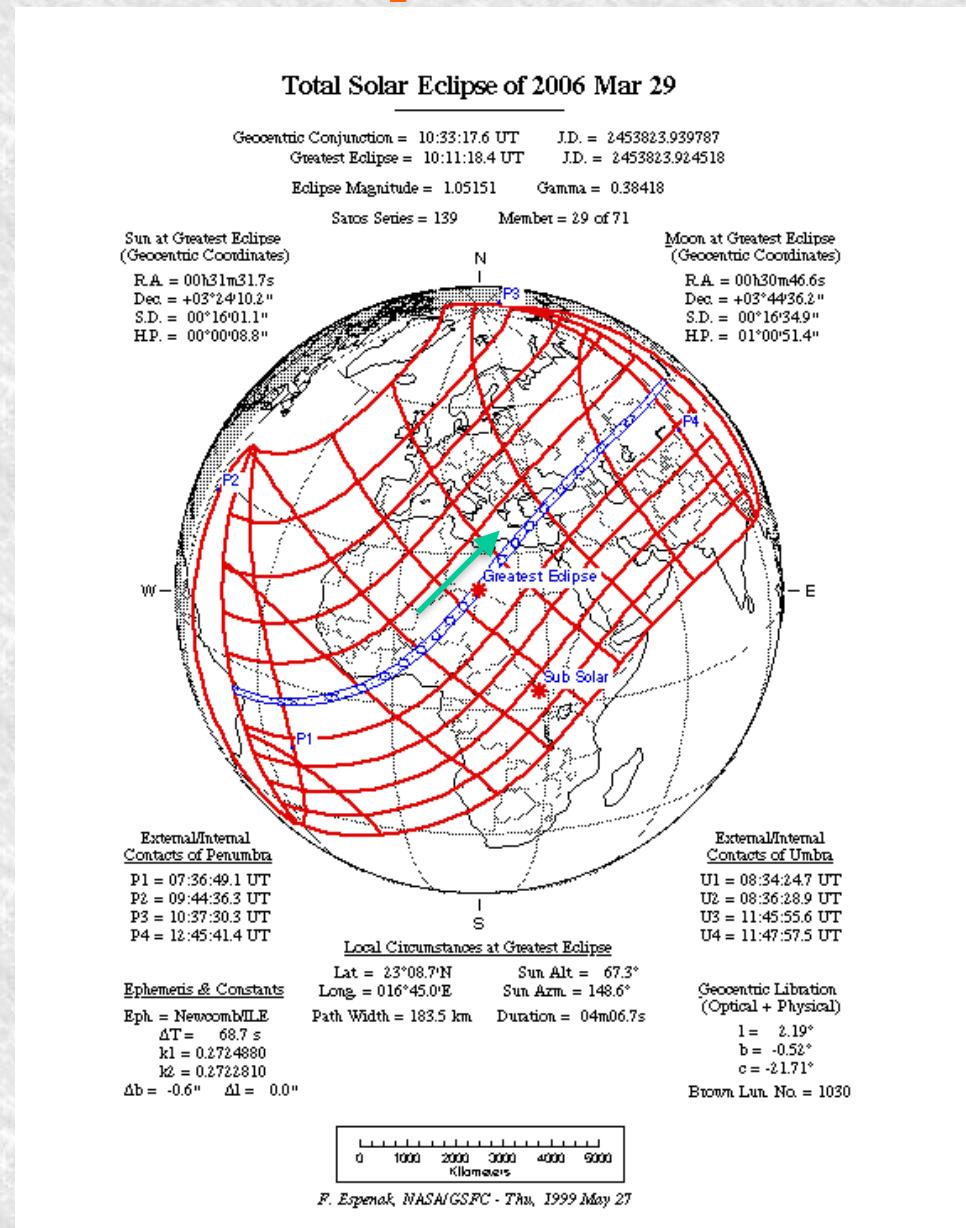


Ilustração de um eclipse total do Sol (fora de escala) com fotografia feita a partir do ponto B de onde foi avistado como parcial

(foto de André Milone, Obs. do Valongo/UFRJ, 29/03/1987)



Projeção da sombra da Lua em dois eclipses totais do Sol



Durações dos eclipses solares

- Durante um eclipse solar, a penumbra e/ou umbra da Lua percorre a superfície da Terra de oeste para leste com uma velocidade média de 2.000 km/h, determinada pela translação da Lua projetada na Terra e pela rotação terrestre (mesmo sentido)
- No caso de um eclipse total, a extensão da umbra lunar na Terra tem no máximo 270 km, então a **totalidade pode durar até 7,5 minutos** enquanto o **fenômeno completo pode durar 2 horas**



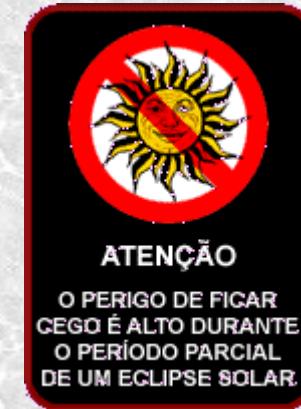
Eclipse Total do Sol de 11/08/1999 fotografado da estação orbital MIR

Sequência de imagens de um eclipse total do Sol: Zâmbia, 21/06/2001



Fotografias de um eclipse total do Sol: 11/07/1991, México

© Akira Fujii/DMI

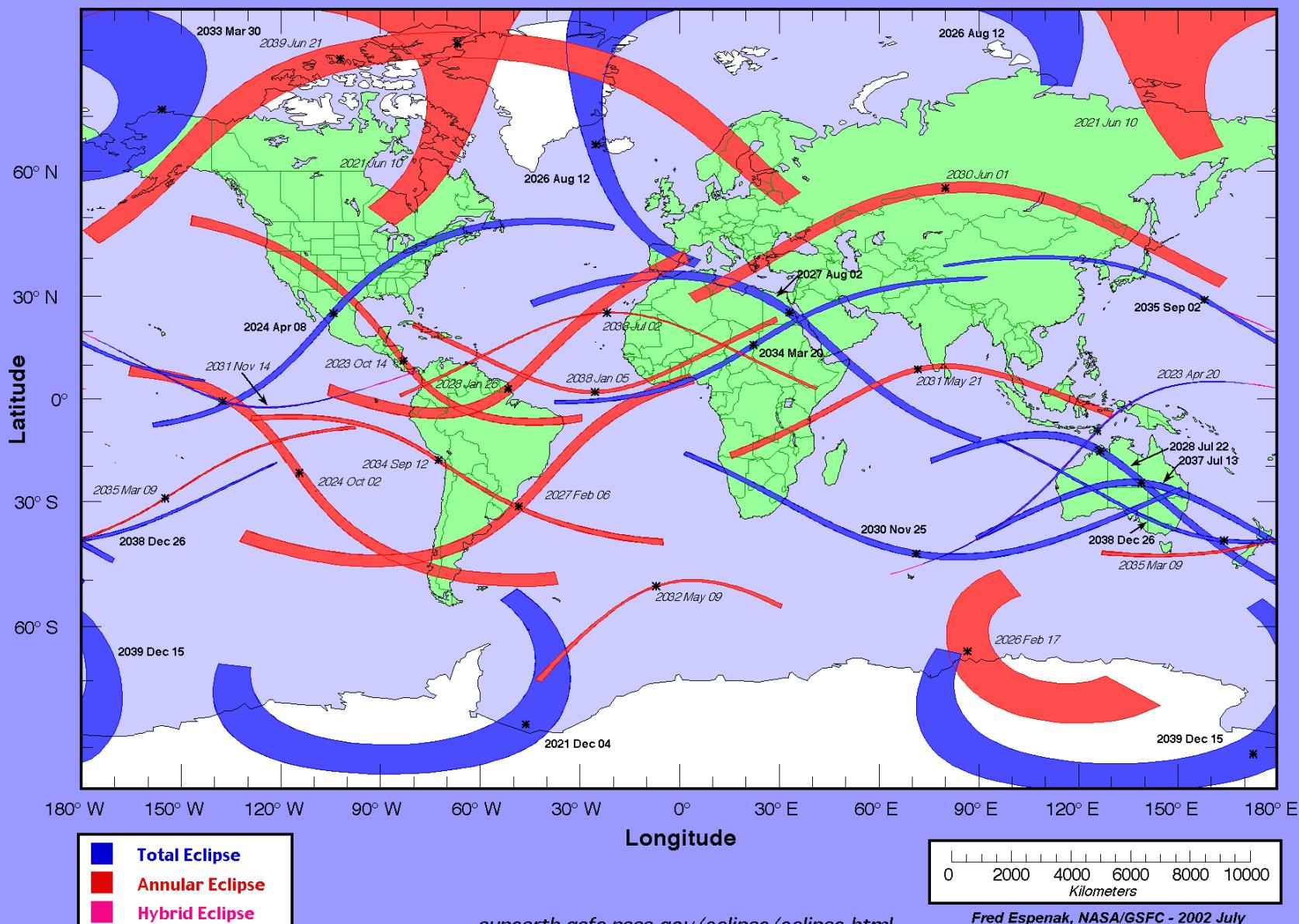


Dr. André Milone (DIAST-INPE)

© Akira Fujii/DMI

Próximos eclipses do Sol: 2021-2040

Total and Annular Solar Eclipse Paths: 2021 –2040



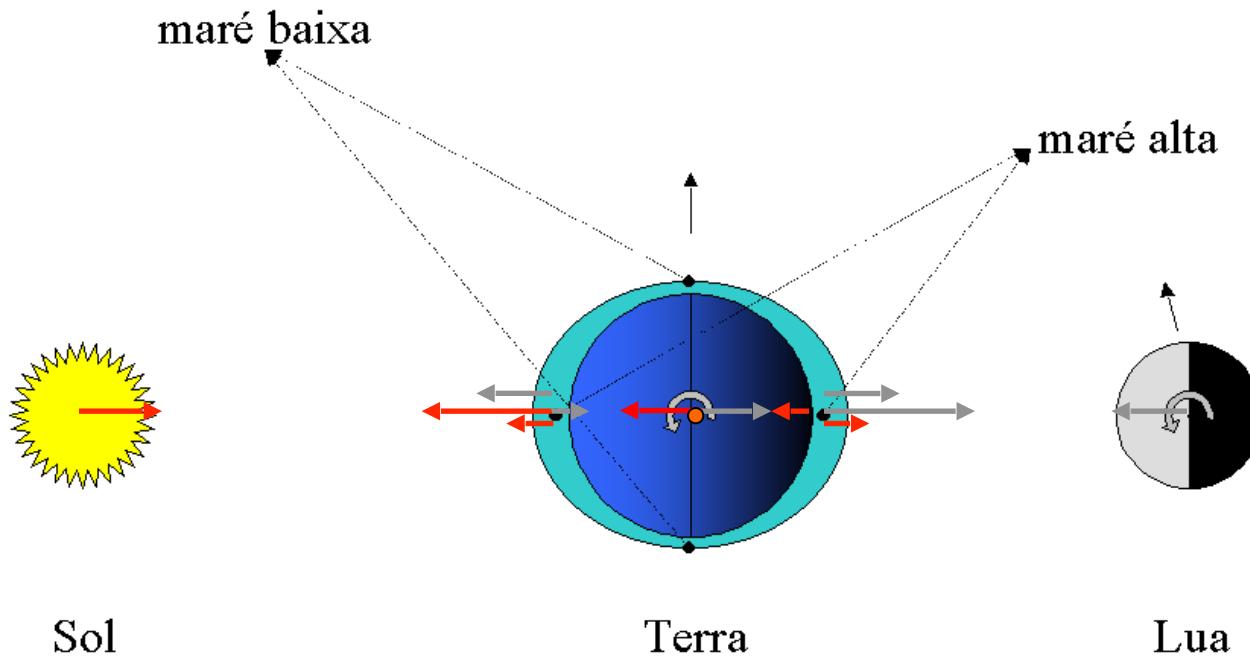
Solar Eclipses: 2021 - 2030

Calendar Date <i>(Link to Global Map)</i>	TD of Greatest Eclipse <i>(Link to Animation)</i>	Eclipse Type <i>(Link to Google Map)</i>	Saros Series <i>(Link to Saros)</i>	Eclipse Magnitude	Central Duration <i>(Link to Path Table)</i>	Geographic Region of Eclipse Visibility
2021 Jun 10	10:43:06	Annular	147	0.943	03m51s	n N. America, Europe, Asia [Annular: n Canada, Greenland, Russia]
2021 Dec 04	07:34:38	Total	152	1.037	01m54s	Antarctica, S. Africa, s Atlantic [Total: Antarctica]
2022 Apr 30	20:42:36	Partial	119	0.640	-	se Pacific, s S. America
2022 Oct 25	11:01:19	Partial	124	0.862	-	Europe, ne Africa, Mid East, w Asia
2023 Apr 20	04:17:55	Hybrid	129	1.013	01m16s	se Asia, E. Indies, Australia, Philippines, N.Z. [Hybrid: Indonesia, Australia, Papua New Guinea]
2023 Oct 14	18:00:40	Annular	134	0.952	05m17s	N. America, C. America, S. America [Annular: w US, C. America, Colombia, Brazil]
2024 Apr 08	18:18:29	Total	139	1.057	04m28s	N. America, C. America [Total: Mexico, c US, e Canada]
2024 Oct 02	18:46:13	Annular	144	0.933	07m25s	Pacific, s S. America [Annular: s Chile, s Argentina]

MARÉS DOS OCEANOS

(ilustração fora de escala)

$$F_{1-2} = G \cdot m_1 \cdot m_2 / d^2$$

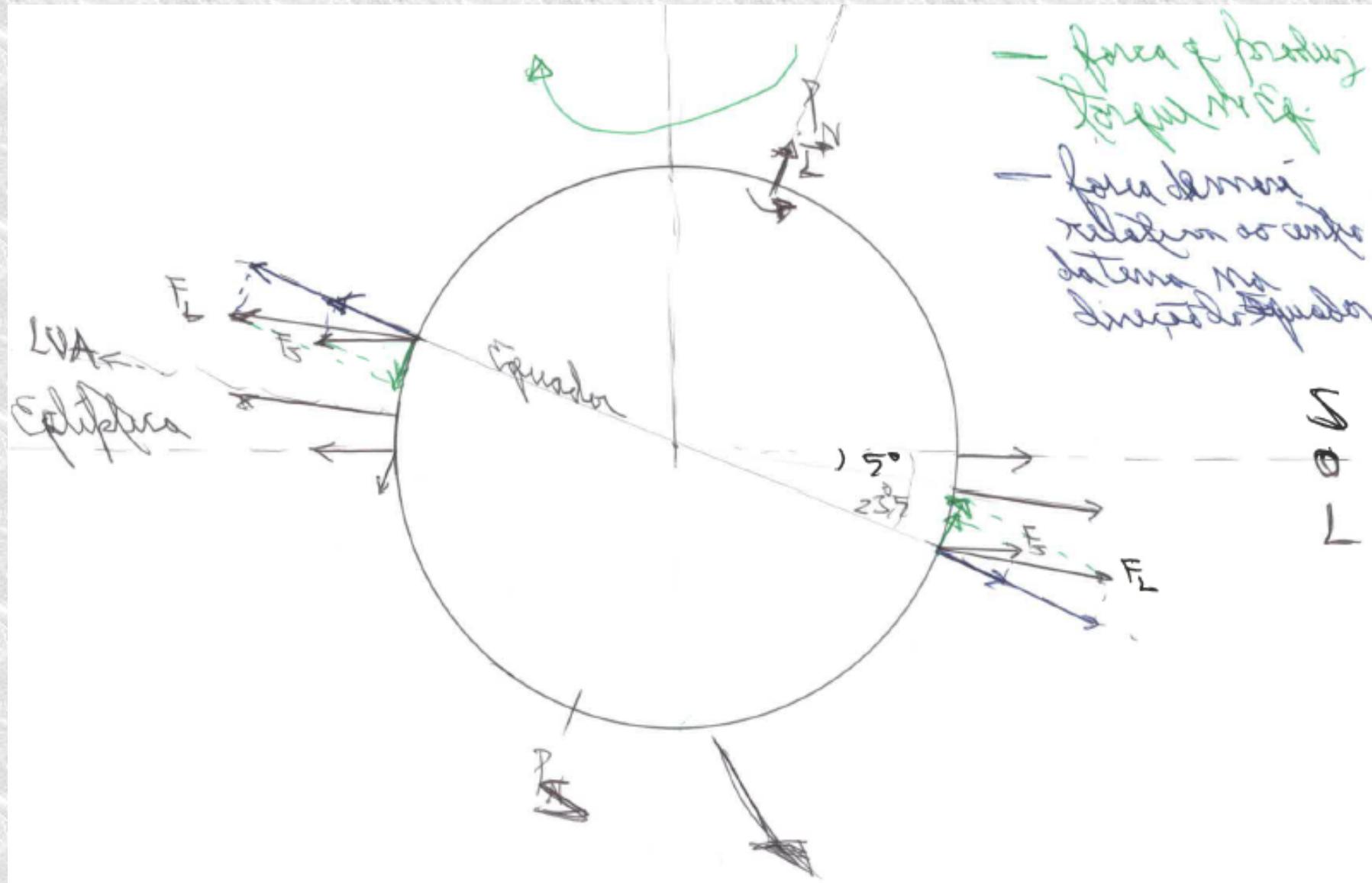


Forças diferenciais de maré (relativa ao C.M.)

$$\Delta F_o \approx M_o \cdot R_{\oplus} / d^3$$

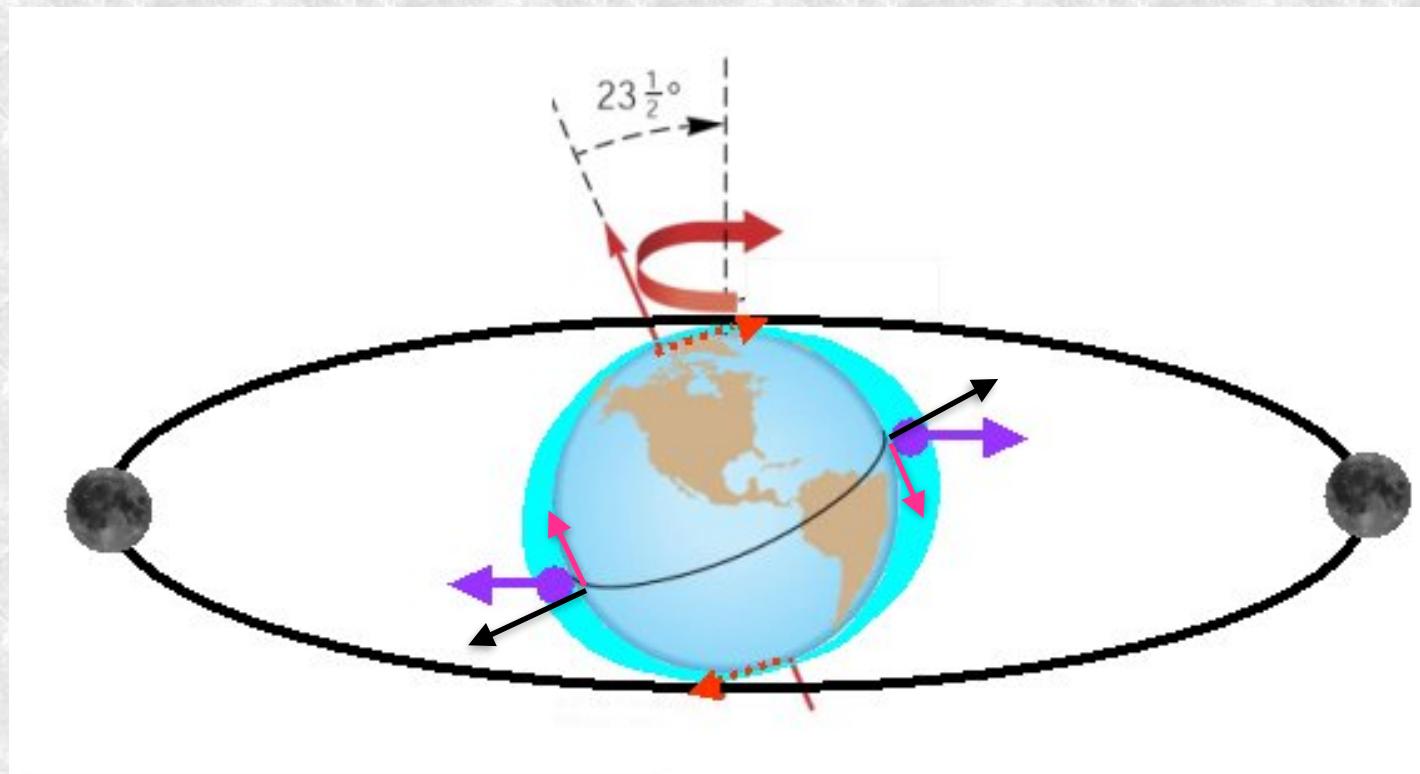
$$\Delta F_L / \Delta F_{\odot} \approx (M_L / M_{\odot}) \cdot (d_{\odot} / d_L)^3 \approx 2,2$$

Forças de maré da Lua e Sol sobre a Terra



Consequência das forças de marés (da Lua) na Terra: precessão do eixo de rotação terrestre, aumento do dia, e afastamento da Lua

(ilustração fora de escala)

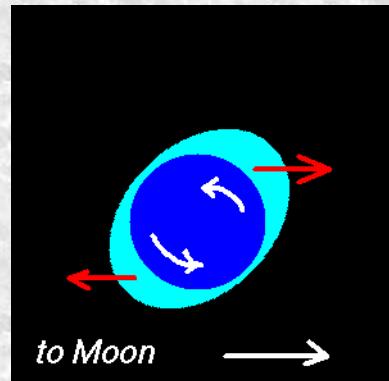


Efeitos das Marés

O atrito das águas com o fundo dos oceanos causa desaceleração da rotação da Terra: há 400 milhões de anos o dia tinha 22 horas.

Fez com que a Lua passasse a apontar a mesma face para a Terra: rotação síncrona.

A Lua se afasta da Terra cerca de 3 cm por ano.



Eclipses da Lua e Sol & marés dos oceanos

- **O que são eclipses da Lua?**

- Ocorrem quando se tem Sol-Terra-Lua “alinhados” nesta ordem, tal que a Terra eclipsa total ou parcialmente a Lua Cheia (Lua atravessa a sombra da Terra).
- Basta ter a Lua no céu pra ser visualizado. São fenômenos de observação simultânea a partir de diferentes locais.

- **O que são eclipses do Sol?**

- Ocorrem quando se tem Sol-Lua-Terra “alinhados” nesta ordem, tal que a Lua eclipsa o Sol total ou parcialmente (Lua projeta sombra na Terra).
- Eclipses solares acontecem com maior frequência do que os eclipses da Lua, mas são vistos em número menor a partir de um dado local. São fenômenos de observação não-simultânea (a sombra da Lua percorre a superfície terrestre ocultando o Sol em instantes continuamente distintos).

- **Qual é a causa das marés dos oceanos?**

- Atração gravitacional mútua da Lua e Sol. A atração diferencial de cada astro sobre partes opostas da Terra faz “escorrer” os oceanos na direção astro-Terra.

Astronomia no dia a dia: síntese - aula 2

- **Constelações astronômicas**

- concebidas para marcar a passagem das estações do ano ‘solar’ por diferentes sociedades (calendário)
- mera projeção de direção de estrelas/Via-Láctea na Esfera Celeste
- **88 constelações (IAU)**: 48 clássicas e 40 modernas <→ mapeamento completo do céu

- **Coordenadas celestes**

- direção dos astros na Esfera Celeste <→ Astronomia Fundamental (sistemas de coordenadas) <→ observação com instrumentos em solo, satélites e sondas espaciais
- mudança de direção dos astros <→ Mecânica Celeste & Dinâmica: planetas, satélites, asteróides, cometas, estrelas, grupos/aglom. de estrelas, galáxias, etc.
- **Coordenadas Horizontais Locais e Coordenadas Equatoriais**

- **Sistema Terra-Lua + ilumin(ação) do Sol**

- **fases da Lua** <→ **translação da Lua (lunação)**
- face oculta da Lua <→ sincronia entre rotação e translação da Lua
- **eclipses da Lua** <→ **translação da Lua sob uma órbita inclinada + precessão orbital**
- **eclipses do Sol** <→ **idem + coincidência entre os tamanhos aparentes da Lua e Sol**
- **marés dos oceanos**: força gravitacional diferencial sobre um corpo em rotação
- *Gravitação + formação/evolução explicam a dinâmica atual do sistema*



ASTRONOMIA NO DIA A DIA

XXI Curso de Introdução à Astronomia e Astrofísica
CIAA 2021 ON-LINE



Dr. André Milone

Divisão de Astrofísica (DIAST)

andre.milone@inpe.br

Astronomia no dia a dia

Dr. André Milone (Astrofísica, INPE)
perguntas no Slack CIAA2021...



O céu vai tão longe está perto
o céu fica em cima do teto
o céu tem as quatro estações
escurece de noite, amanhece com o sol

O céu serve a todos
o céu ninguém pode pegar
o céu cobre a terra e a lua
entra dentro do quarto, rua do avião

Dentro do universo mora o céu

O céu pára-quedas e saltos
o céu vai do chão para o alto
o céu sem começo nem fim
para sempre serei seu fã

Olhai pro céu, olhai pro chão

Nando Reis e Marisa Monte

('Verde anil amarelo cor de rosa e carvão', 1994) André Milone (Jeri, 87)