



Universidade da Madeira

Grupo de Astronomia

O Sol e o seu interior

Laurindo Sobrinho

08 de fevereiro de 2014

Os melhores RUMOS para os Cidadãos da Região



SOHO, NASA, ESA



1 – O interior do Sol

Composição do Sol

Elemento	Numero %	Massa %
Hydrogen	92.0	73.4
Helium	7.8	25.0
Carbon	0.02	0.20
Nitrogen	0.008	0.09
Oxygen	0.06	0.8
Neon	0.01	0.16
Magnesium	0.003	0.06
Silicon	0.004	0.09
Sulfur	0.002	0.05
Iron	0.003	0.14



A fonte de energia do Sol:

Contração gravitacional – máximo 25 milhões de anos

Reações químicas – máximo 10 000 anos

Fusão nuclear - até 10 000 milhões de anos como estrela da Sequência Principal.

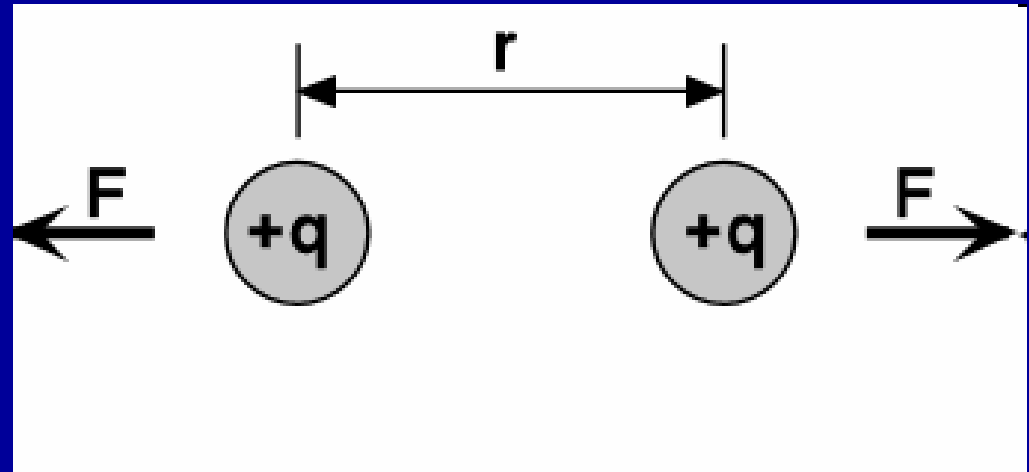
Os melhores RUMOS para os Cidadãos da Região





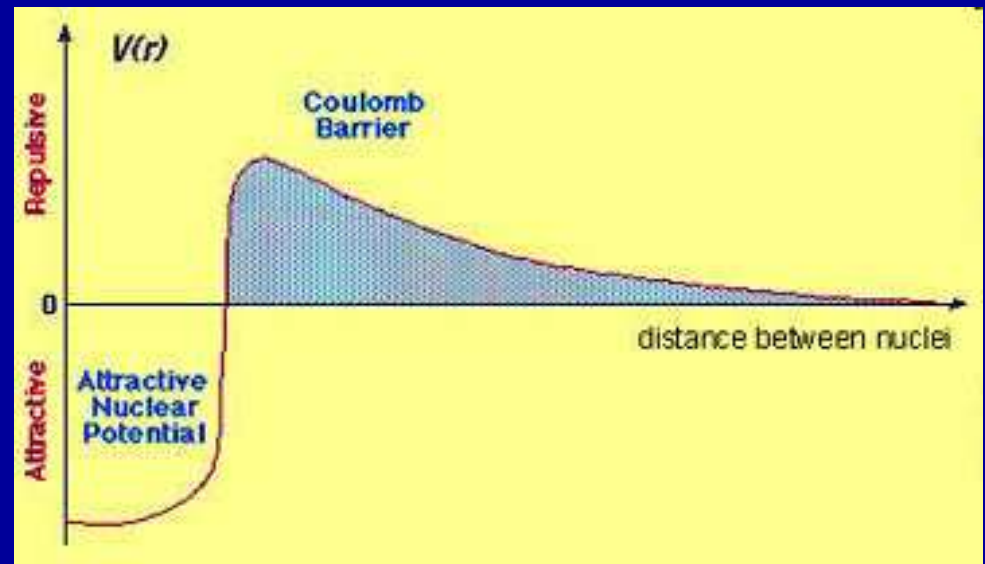
Universidade da Madeira

Se aproximarmos dois núcleos atômicos um do outro estes repelem-se por terem carga eléctrica do mesmo sinal.



http://physicslearning.colorado.edu/PiraHome/ResourceCD/ResourceImages/PhysicsDrawings/Charge_Repulsion_Attraction.gif

No entanto se os conseguirmos aproximar a uma distância da ordem de 1 Fermi então entra em cena a **força Forte** a qual, para estas distâncias, prevalece sobre a força electromagnética.



<http://www4.nau.edu/meteorite/Meteorite/Book-GlossaryC.html>

Os melhores RUMOS para os Cidadãos da Região





Universidade da Madeira

Grupo de Astronomia

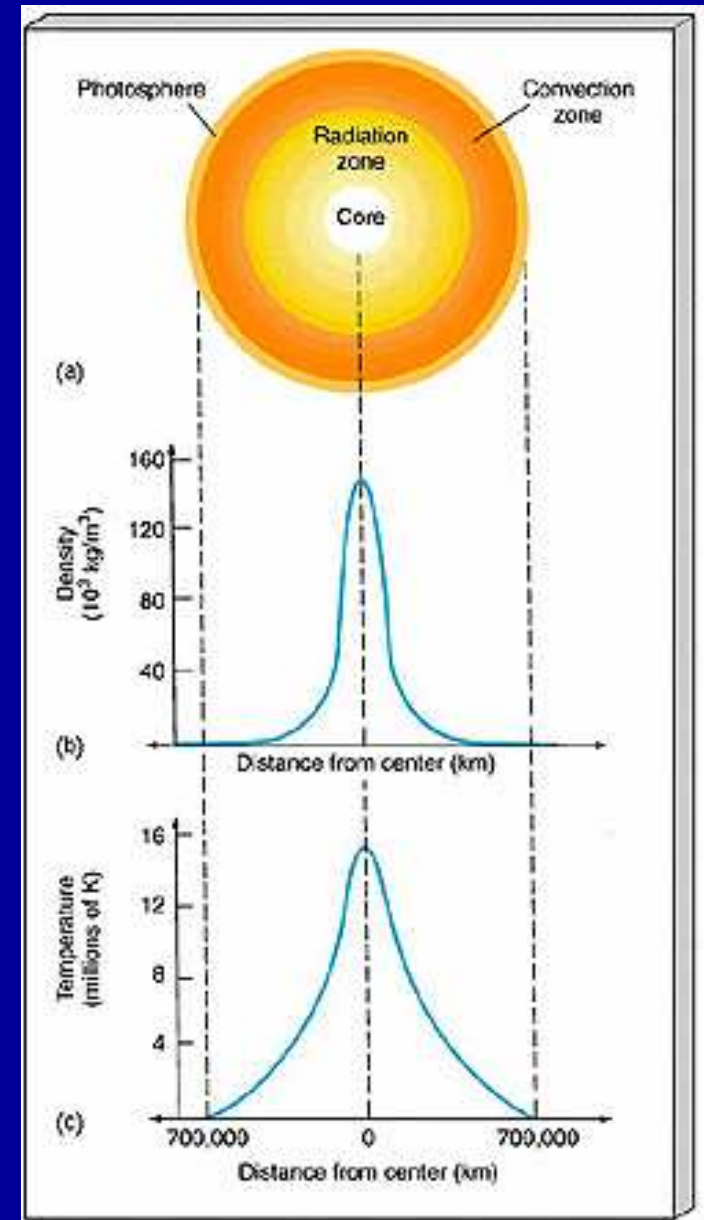
Para que se tenha uma reacção de fusão nuclear são necessárias altas temperaturas e altas densidades (ou pressões) pois só assim se conseguem aproximar os núcleos por forma a vencer a barreira de potencial imposta pela força electromagnética.

Essas condições verificam.-se no centro do Sol e de outras estrelas. No caso do Sol temos para a região central:

$$T = 15\,000\,000\text{ }^\circ\text{C}$$

$$P = 250\,000\,000\,000\text{ atm}$$

$$\text{Dens.} = 160\,000\text{ kg / m}^3$$



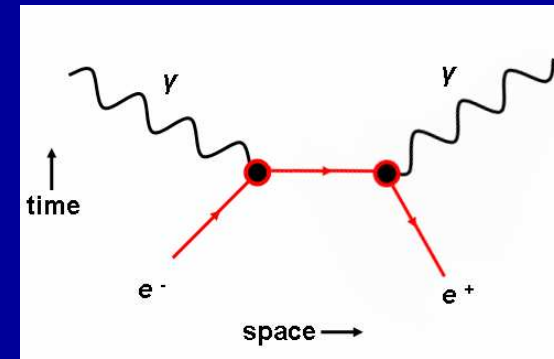
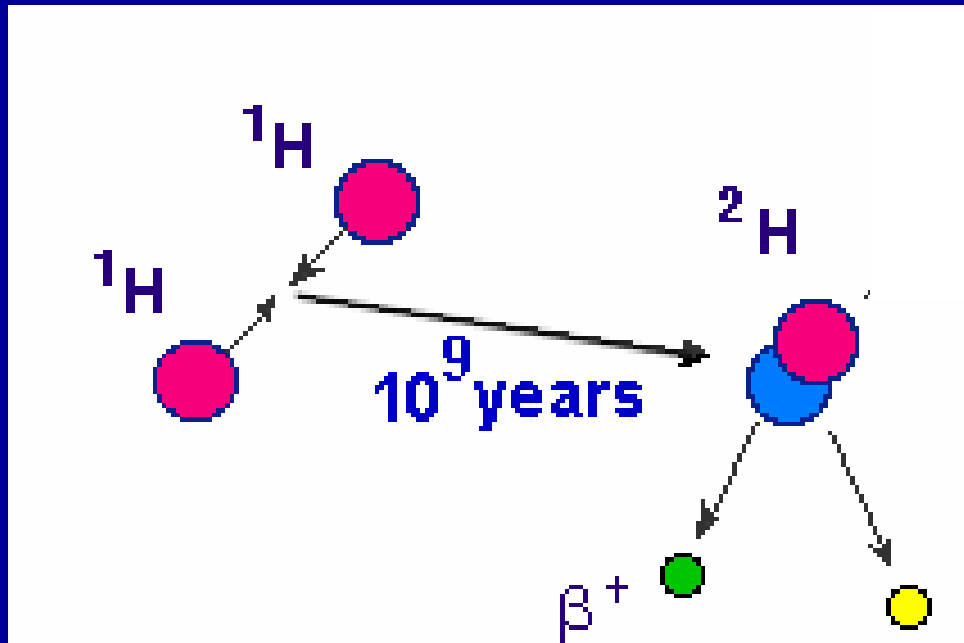
Os melhores RUMOS para os Cidadãos da Região





Universidade da Madeira

Dois núcleos de **Hidrogénio** juntam-se para formar um núcleo de **Deutério**. No processo é libertada uma partícula **beta+** e um **neutrino**. A partícula **beta+** (ou **positrão**) é a antipartícula do **eletrão** (massa igual à do eletrão e carga elétrica simétrica). Pouco tempo depois o **positrão** encontra um **eletrão** e juntos aniquilam-se resultando na emissão de dois **raios gama**.



http://en.wikipedia.org/wiki/File:Feynman_EP_Annihilation.png

Os melhores RUMOS para os Cidadãos da Região



<http://nrumiano.free.fr/Estars/energy.html>

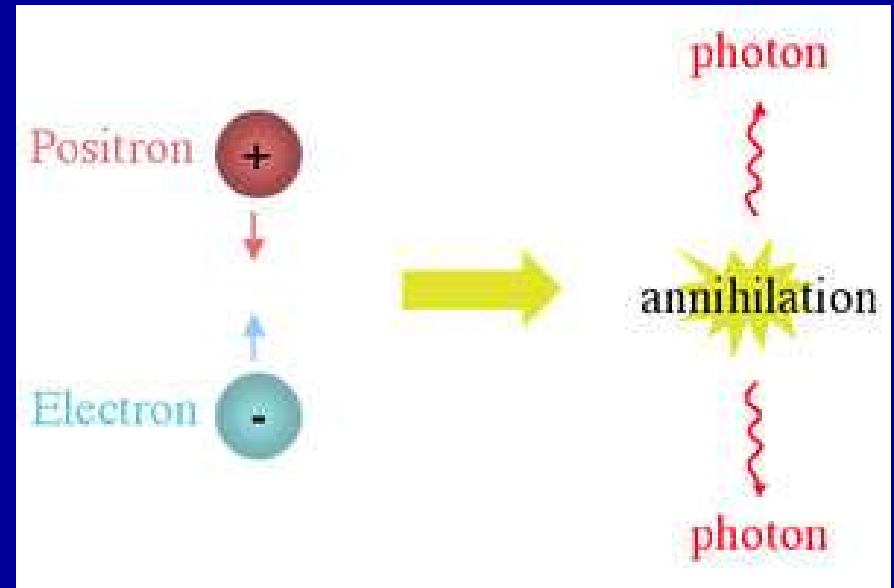


Anti-matéria

Para cada partícula existe uma partícula com a mesma massa e carga elétrica simétrica (antipartícula)

No caso do eletrão a antipartícula é o positrão. Quando ambas se encontram aniquilam-se emitindo dois raios gama.

O nosso Universo é feito de matéria!



<http://astronomy.swin.edu.au/cosmos/P/Positron>

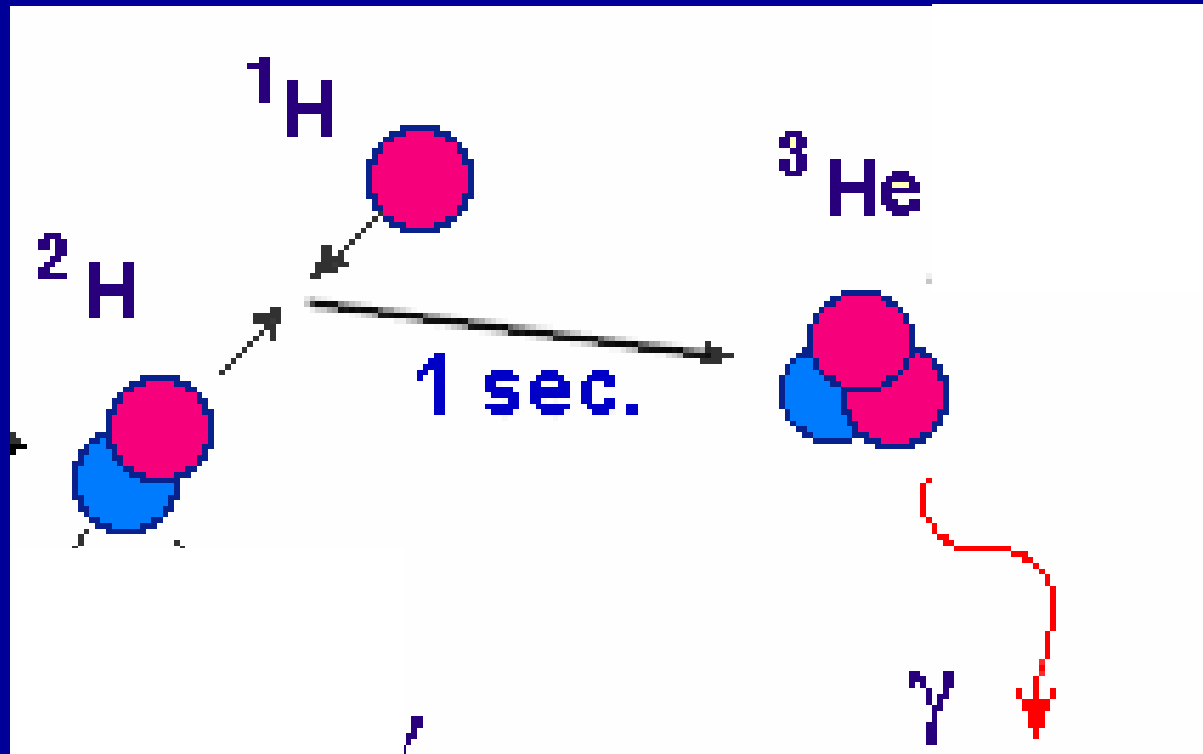
Os melhores RUMOS para os Cidadãos da Região





Cada núcleo de *Deutério* junta-se a um núcleo de *Hidrogénio* (protão) para formar um núcleo de *Hélio-3*.

No processo é emitido um fotão de *raios gama*.



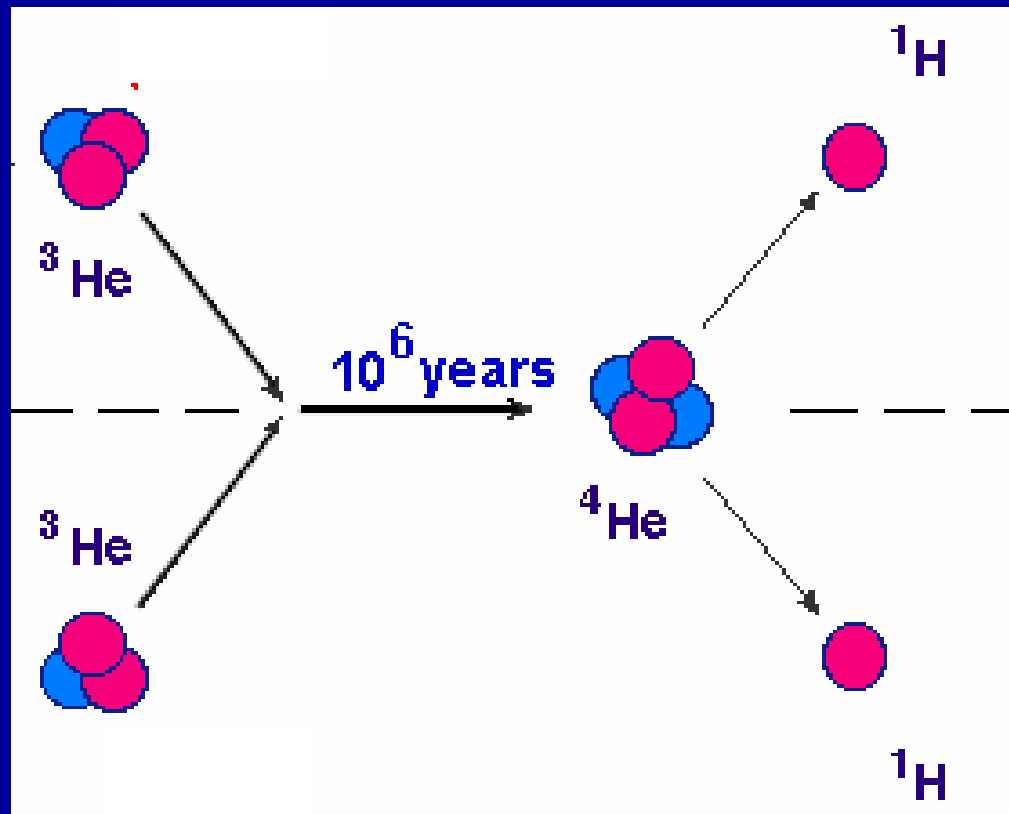
Os melhores RUMOS para os Cidadãos da Região



<http://numiano.free.fr/Estars/energy.html>



Os núcleos de *Hélio-3* fundem-se para formar *Hélio-4* (isótopo mais abundante do Hélio). São dispensados no processo dois núcleos de Hidrogénio.



Os melhores RUMOS para os Cidadãos da Região

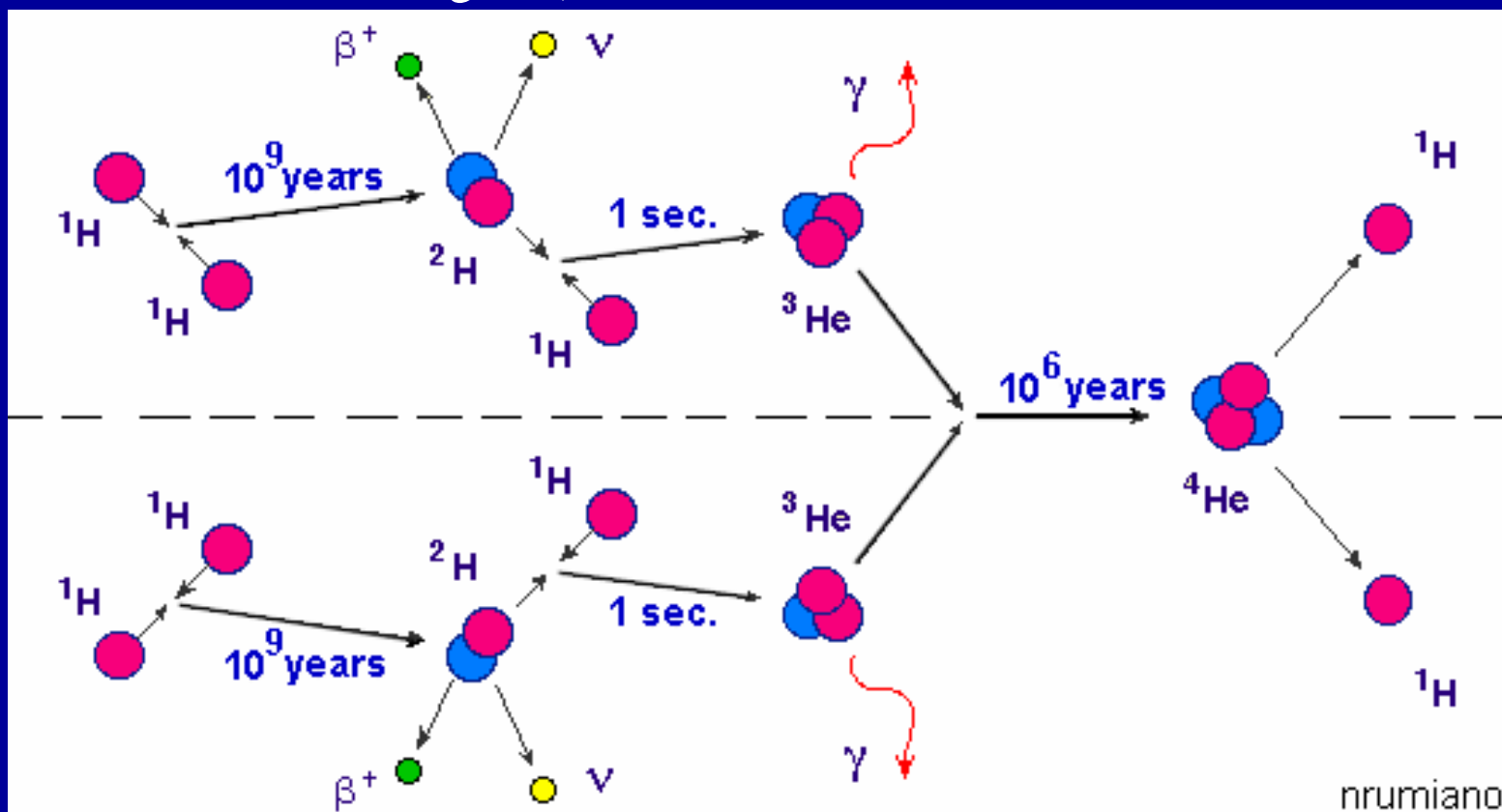


<http://numiano.free.fr/Estars/energy.html>



Universidade da Madeira

Em resumo: entram **6 núcleos de Hidrogénio** (ou protões) para formar **um núcleo de He-4**. Dois dos protões são dispensados. Libertam-se dois fotões gama, dois positrões (que se combinam com dois electrões originando a emissão de dois raios gama) e dois neutrinos.



Os melhores RUMOS para os Cidadãos da Região

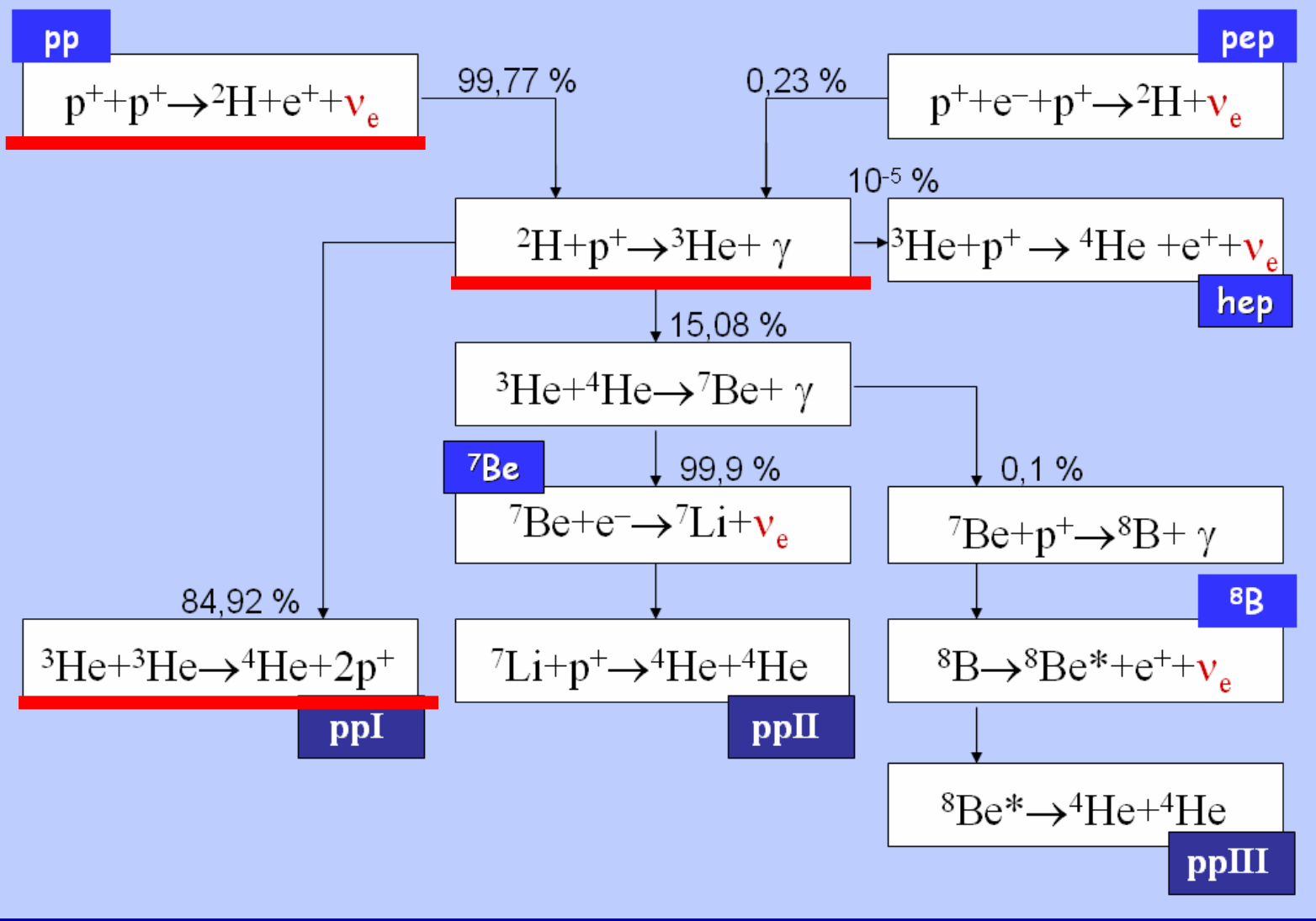


<http://nrumiano.free.fr/Estars/energy.html>



Universidade da Madeira

Grupo de Astronomia

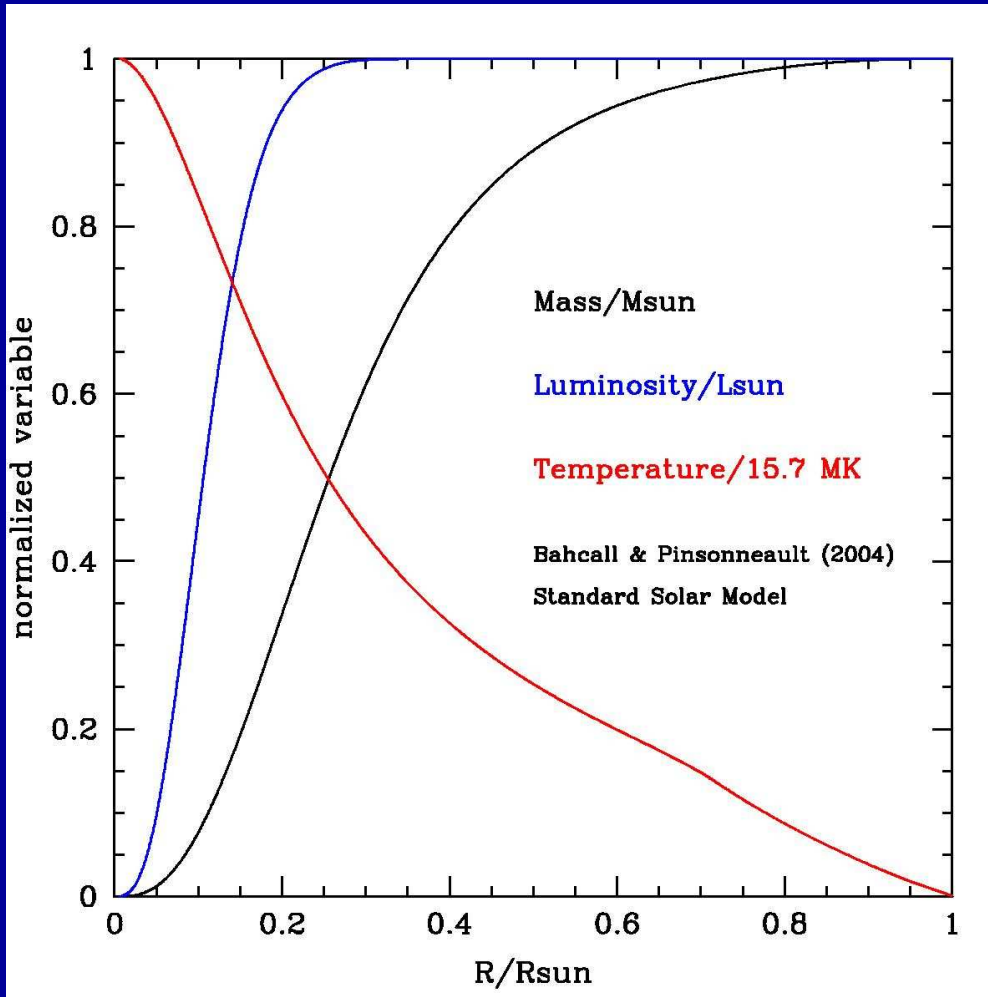


Os melhores RUMOS para os Cidadãos da Região





Modelo matemático para o Sol



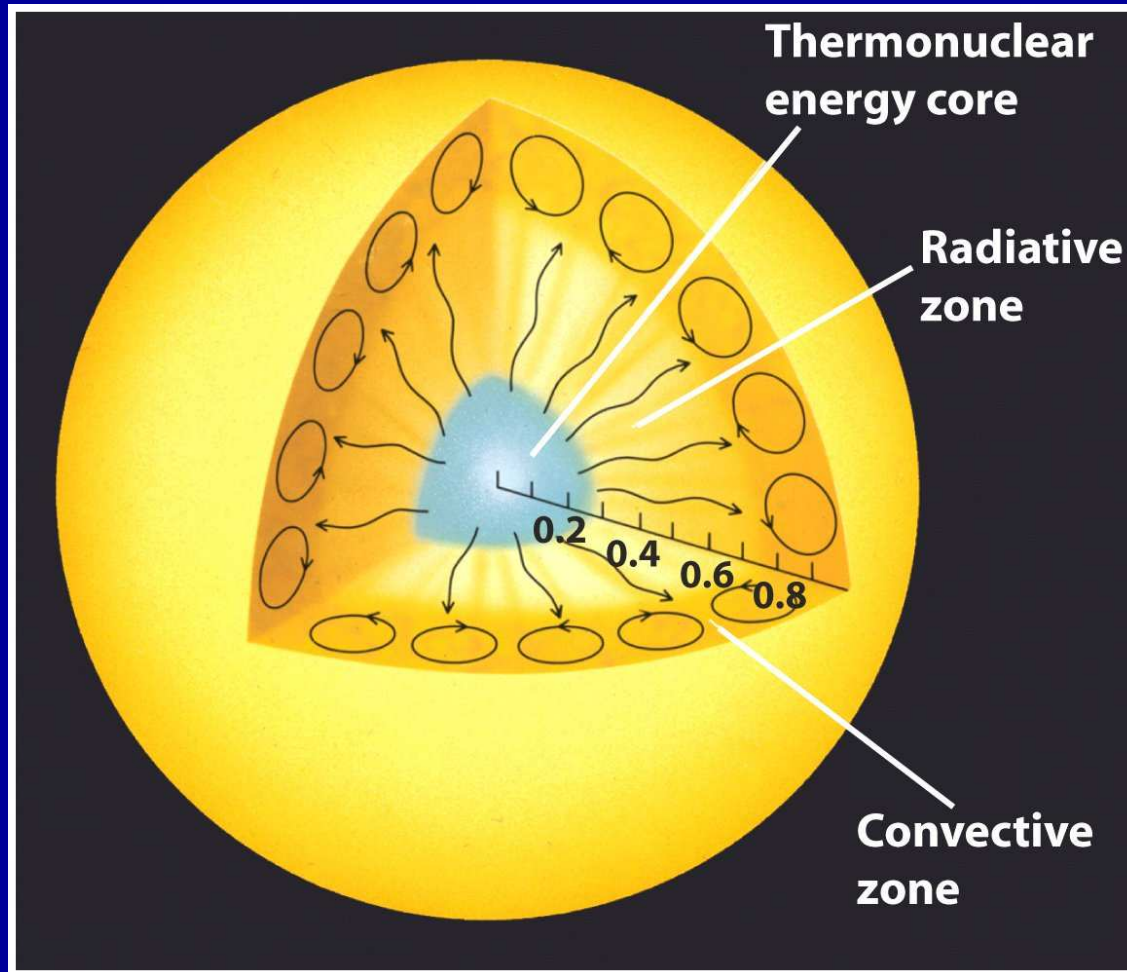
Os melhores RUMOS para os Cidadãos da Região



Bahcall, J. N. & Pinsonneault, M. H., 2004, PhRvL, 92, 121301
[<http://adsabs.harvard.edu/abs/2004PhRvL..9211301B>].



Transporte de energia do interior para o exterior do Sol



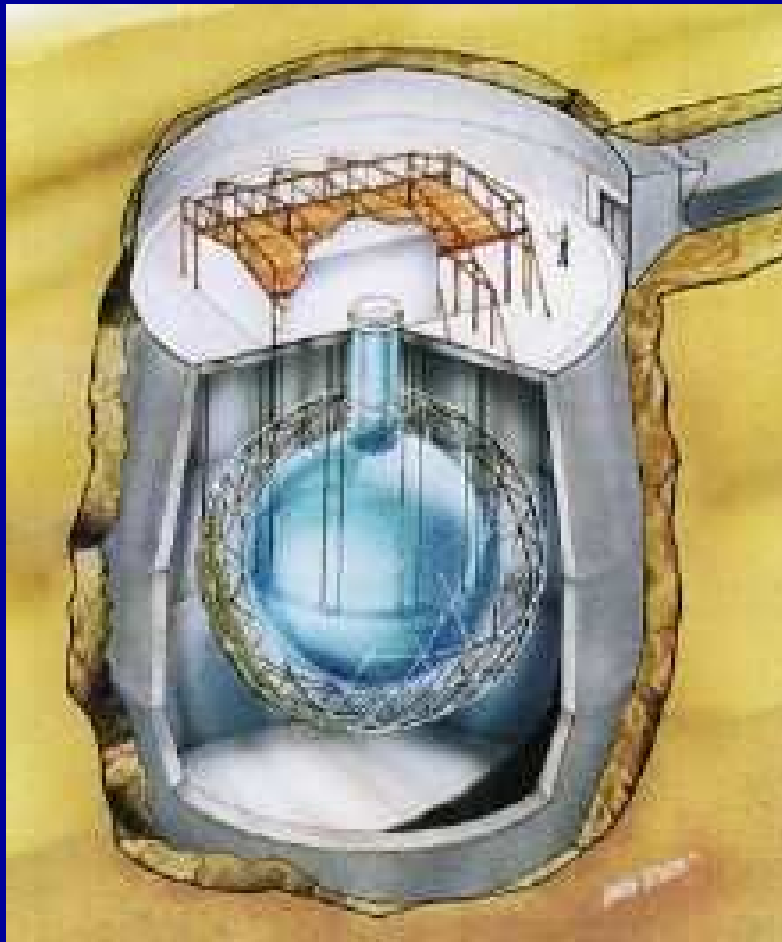
Os melhores RUMOS para os Cidadãos da Região



<http://spot.pcc.edu/~aodman/GS 107 web/main sequence lab/sun interior.jpg>
(Portland Community College, 2008).



Deteção de neutrinos solares

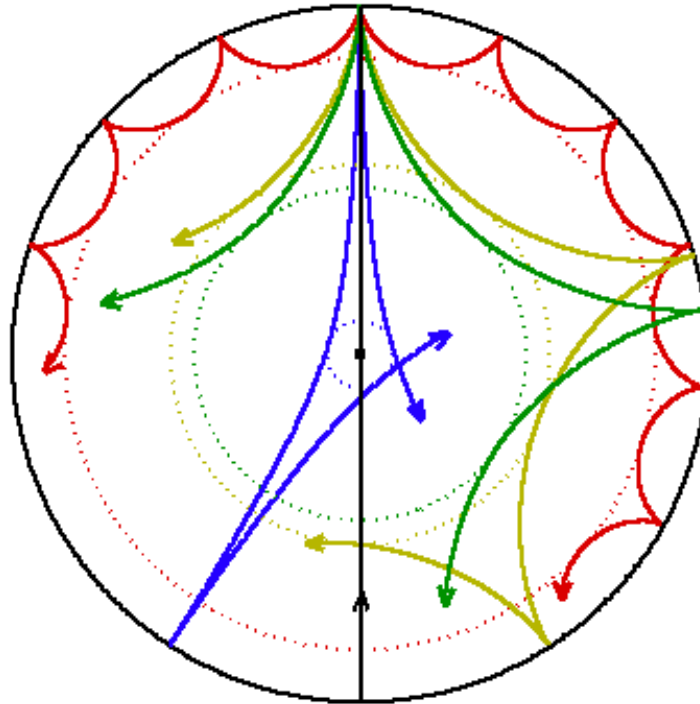


The Sudbury Neutrino Observatory (SNO) – Canada

1000 toneladas de água pesada num recipiente com 12m de diâmetro. Os neutrinos reagem com a água pesada provocando um *flash* que pode ser registado por um dos 9600 detetores instalados à volta do recipiente....

Os melhores RUMOS para os Cidadãos da Região





Sismologia Solar:

o estudo da propagação de ondas sonoras no Sol possibilita sondar o seu interior.

<http://www.physics.uc.edu/~hanson/ASTRO/LECTURENOTES/W07/Sun/Page6.html>

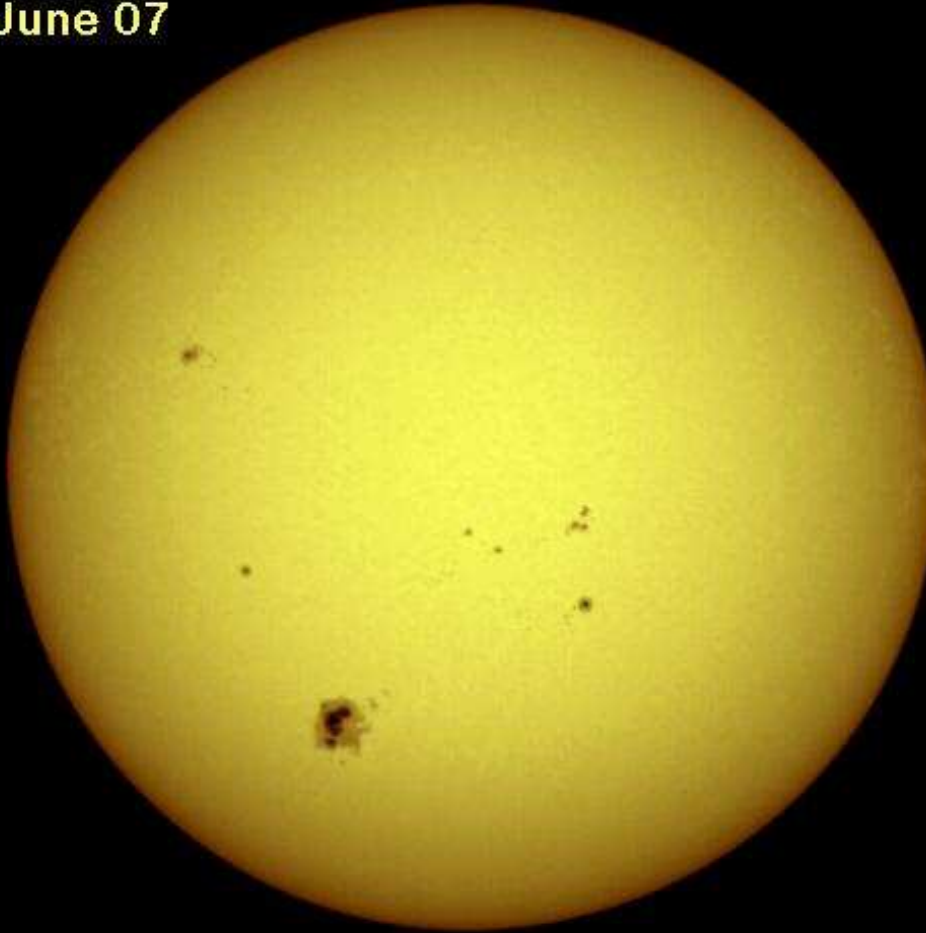
Os melhores RUMOS para os Cidadãos da Região





2 – A atmosfera do Sol

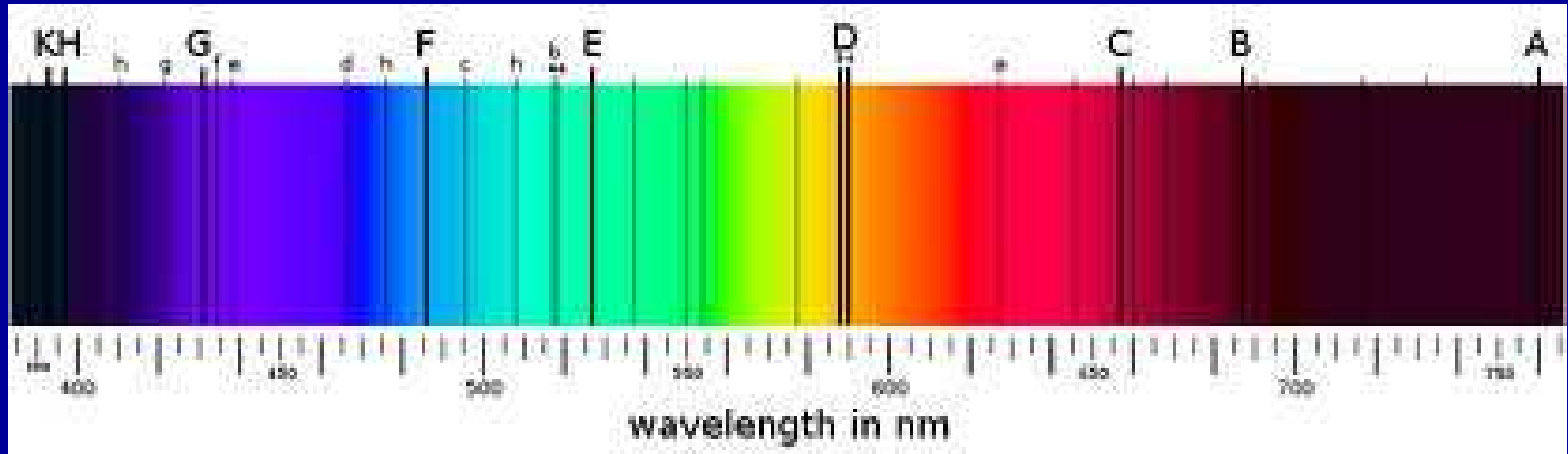
1992 June 07



A *Fotosfera* é a superfície visível do Sol. É uma camada com uma espessura de cerca de 400 Km. A sua temperatura média ronda os **5800°C**. Nela podemos observar as famosas *manchas solares*.



Espetro de absorção da fotosfera solar



<http://www.astro.washington.edu/courses/labs/clearinghouse/labs/Solarspec2/sunspec.html>
(University of Washington, 1999).

Algumas das riscas:

C – H alfa,

D – Sódio neutro

H – Cálcio ionizado

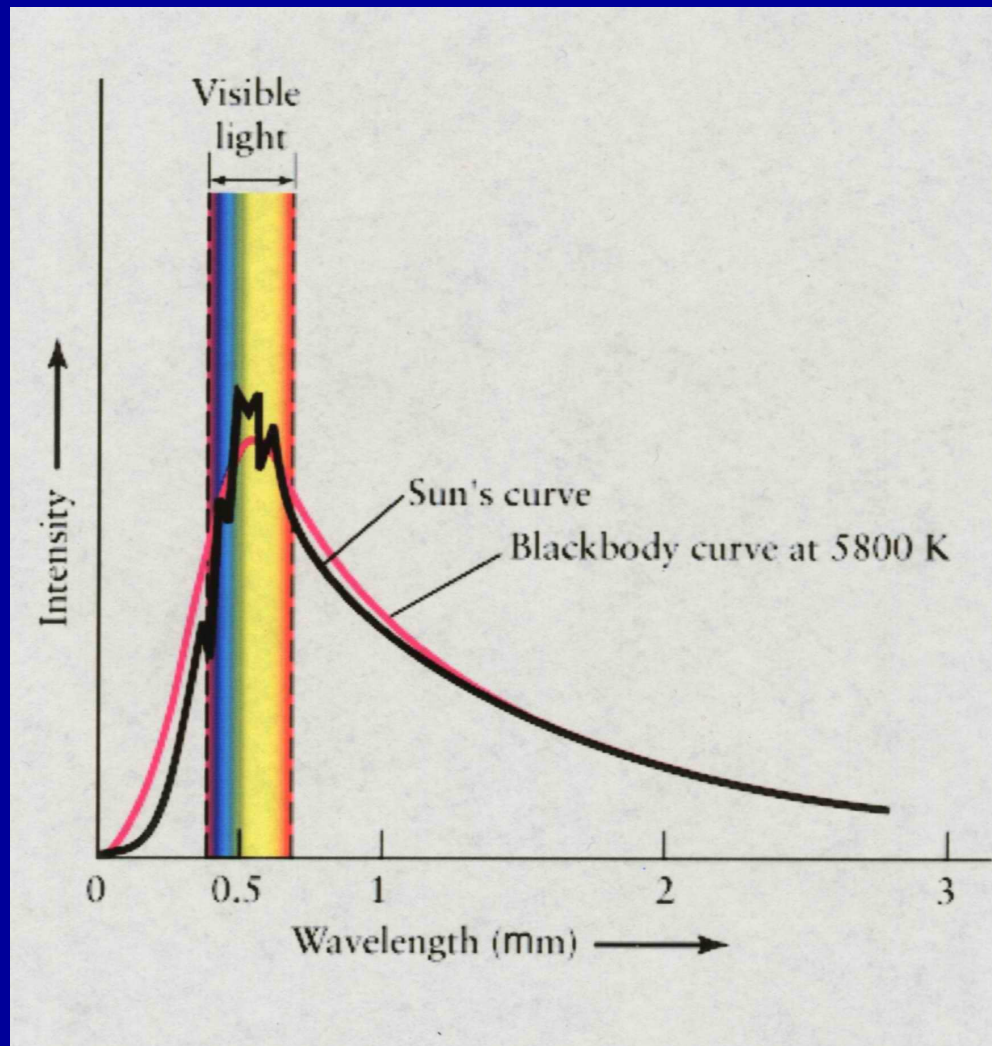
.....

Os melhores RUMOS para os Cidadãos da Região



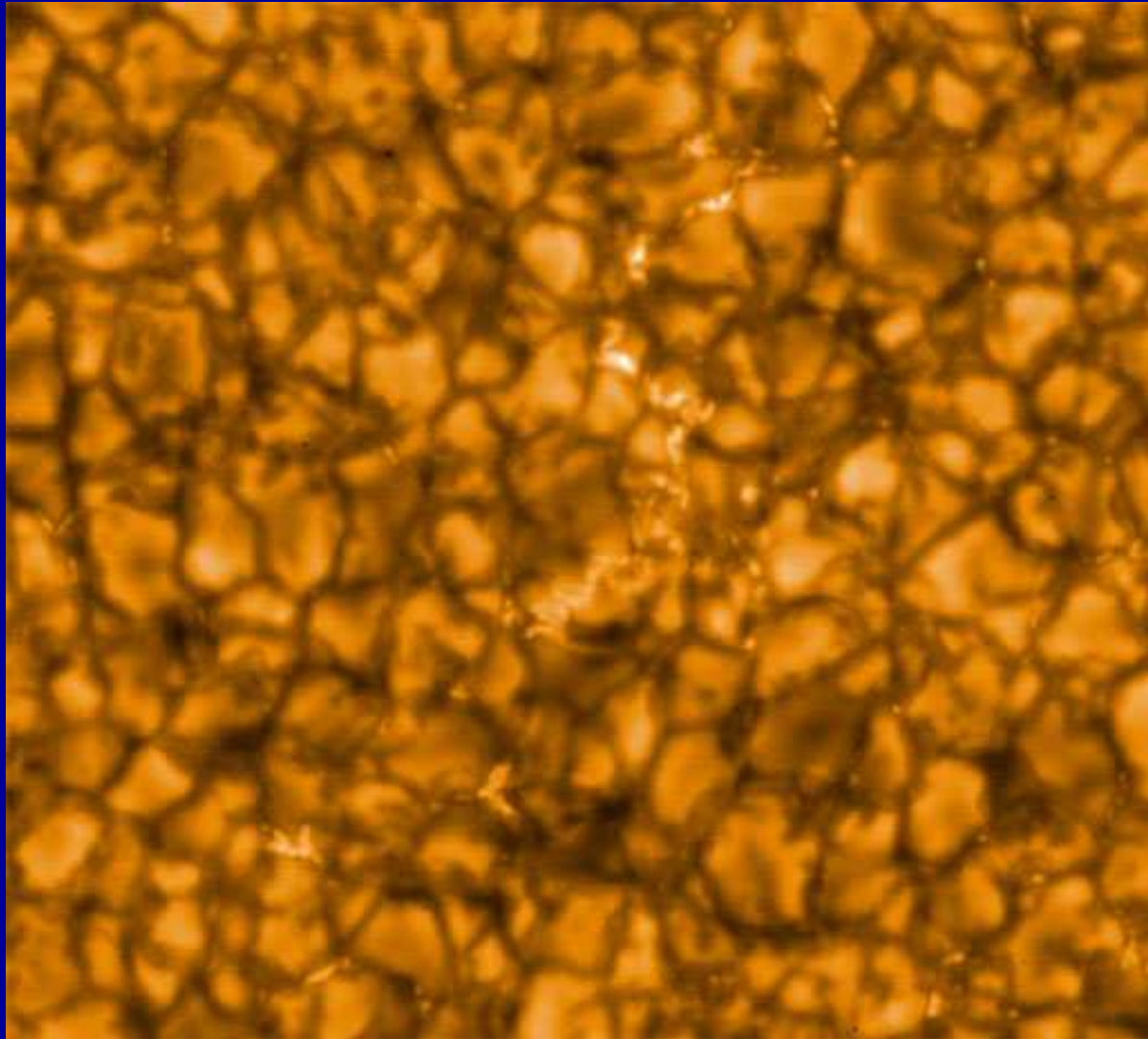


Curva do corpo negro para a fotosfera solar



Os melhores RUMOS para os Cidadãos da Região





Granulação solar

Hinode Mission, JAXA/NASA/PPARC [<http://science.nasa.gov/missions/hinode/>].

Os melhores RUMOS para os Cidadãos da Região





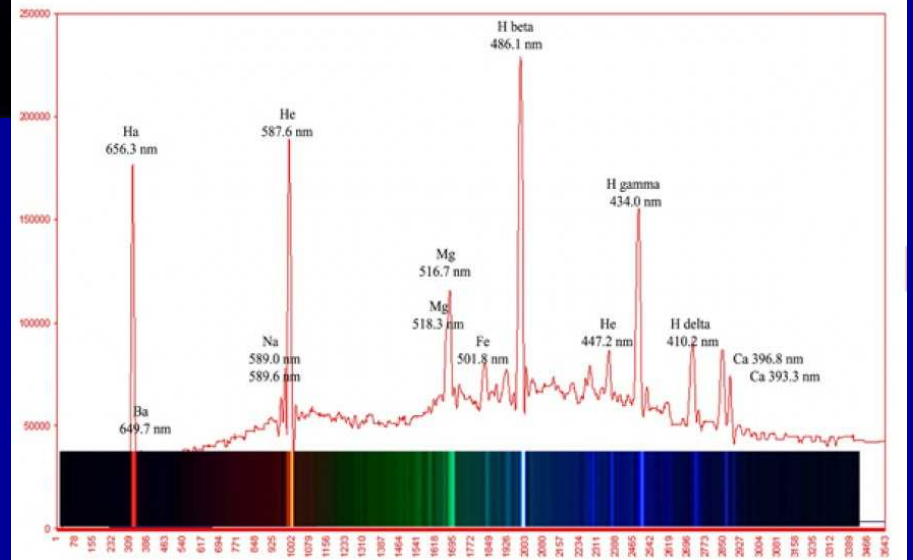
Cromosfera



Moussas Xenofon, University of Athens Strikis Iakovos, Hellenic Amateur Astronomy Association, Elizabeth Observatory of Athens
[<http://dailysolar.weebly.com/total-solar-eclipse-2006.html>] (2012).

Espetro de emissão da cromosfera onde se destaca a linha H alfa

The Solar Chromosphere Spectrum (Flash Spectrum)



Os melhores RUMOS para os Cidadãos da Região

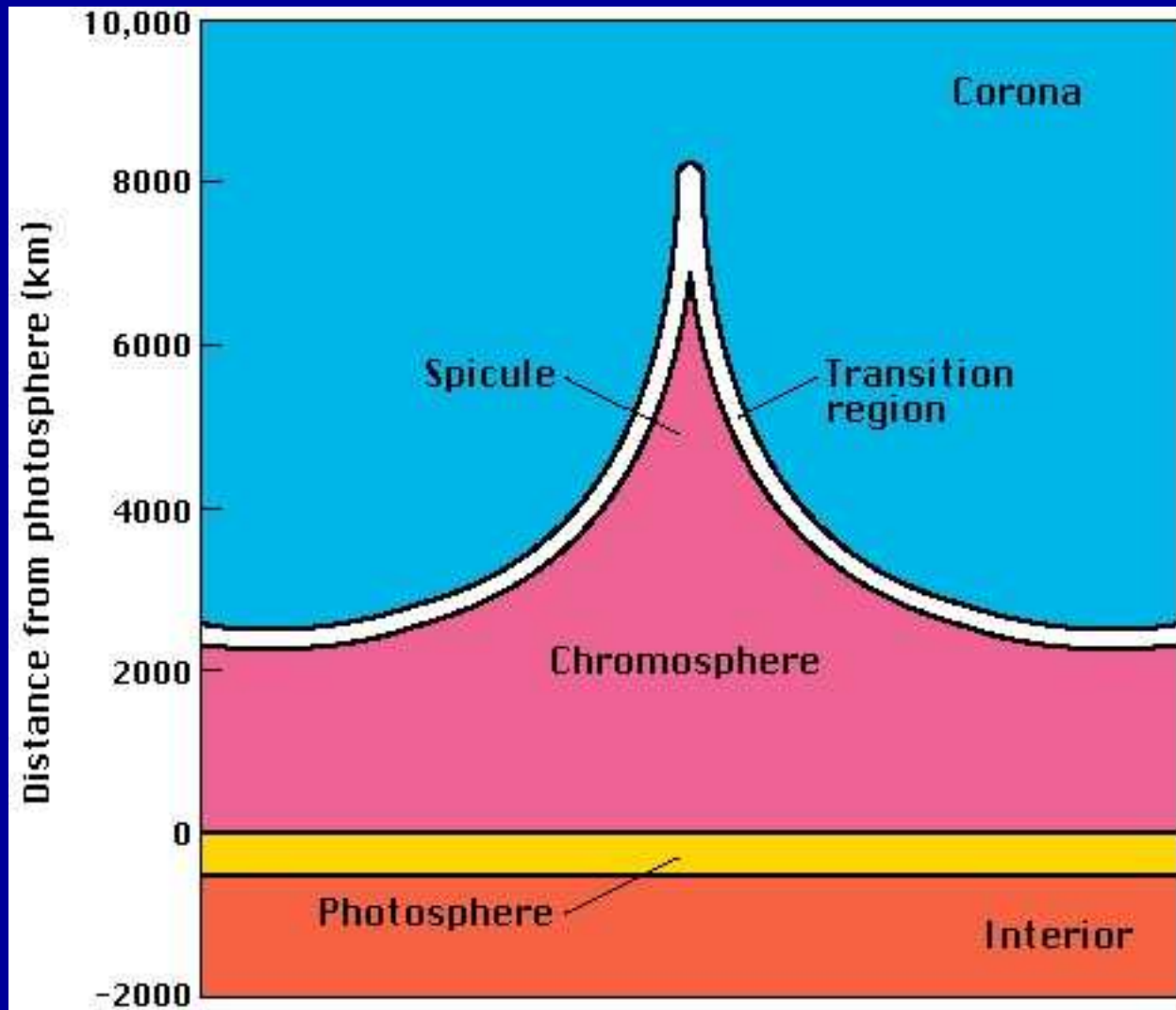


Vic & Jen Winter, 2001, ICSTARS Astronomy, Inc.
[<http://apod.nasa.gov/apod/ap010726.html>].



Universidade da Madeira

Grupo de Astronomia



Espícula

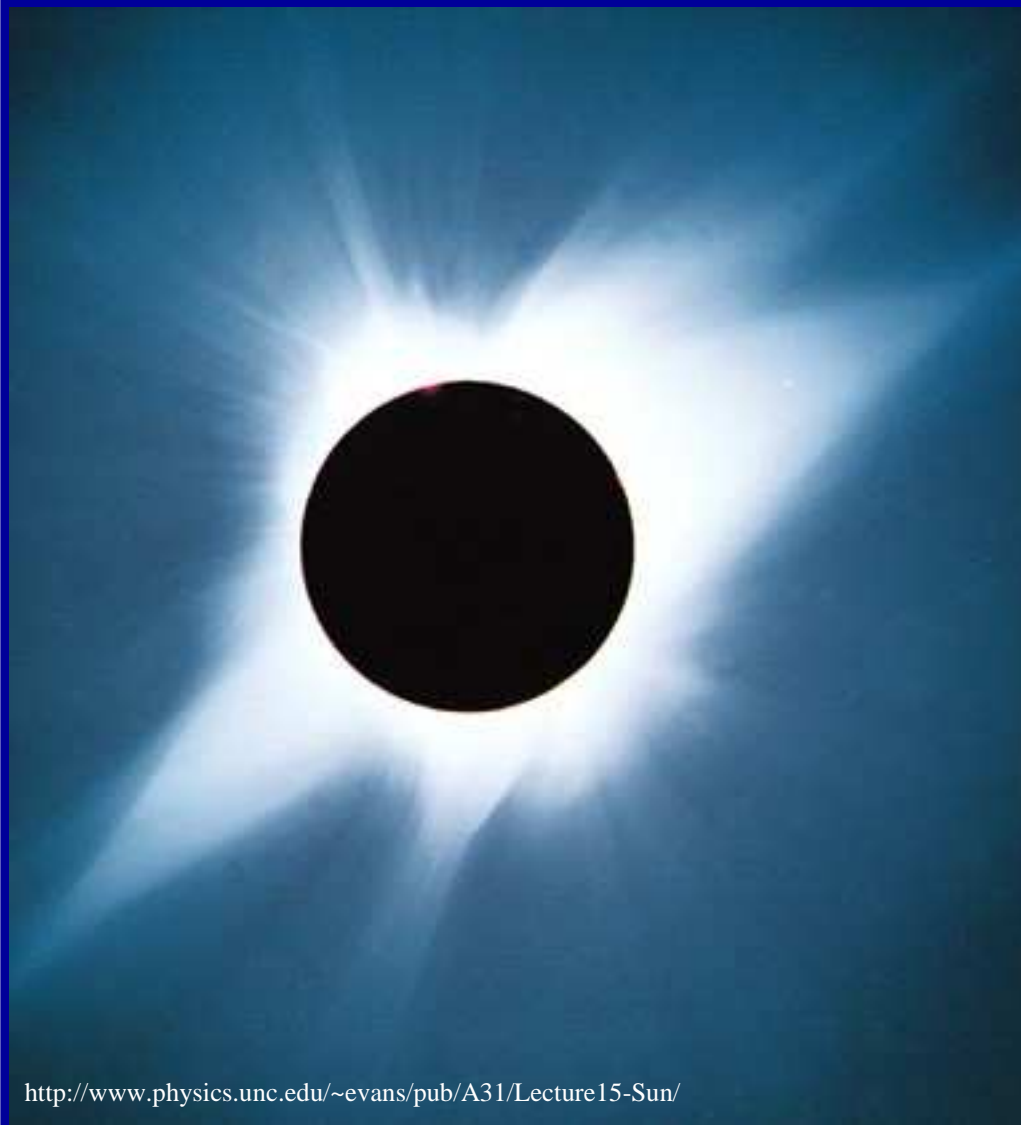
<http://www.physics.unc.edu/~evans/pub/A31/Lecture15-Sun/>

Os melhores RUMOS para os Cidadãos da Região





Coroa Solar



<http://www.physics.unc.edu/~evans/pub/A31/Lecture15-Sun/>

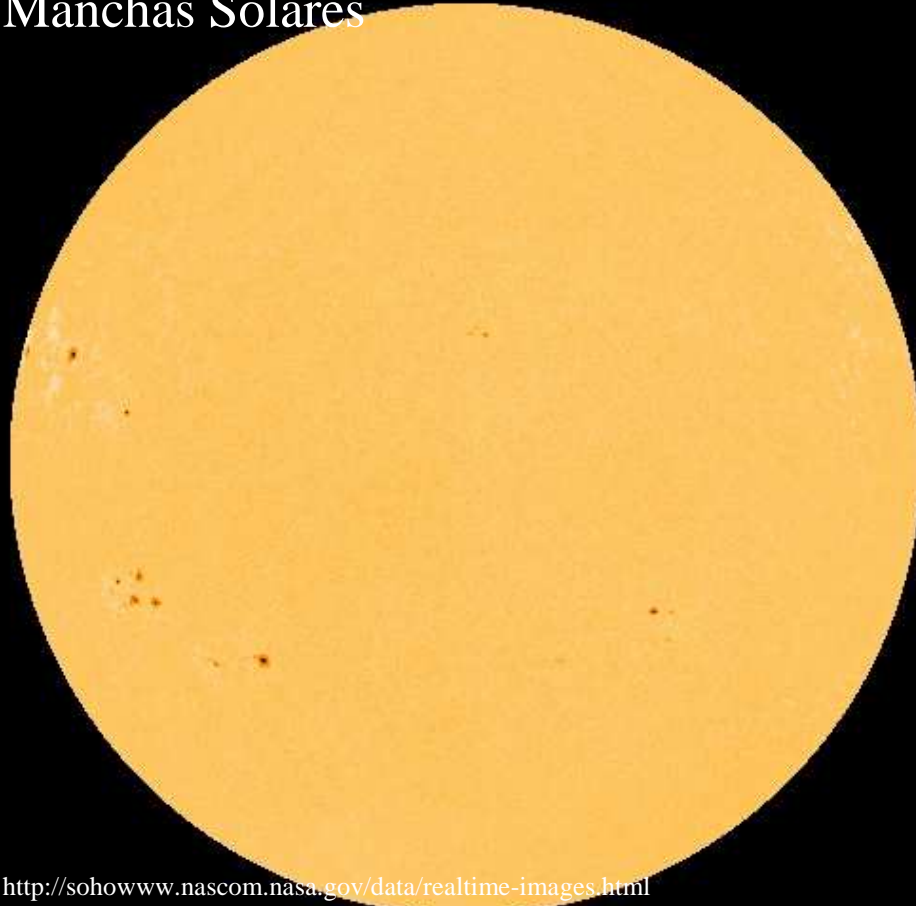
Os melhores RUMOS para os Cidadãos da Região





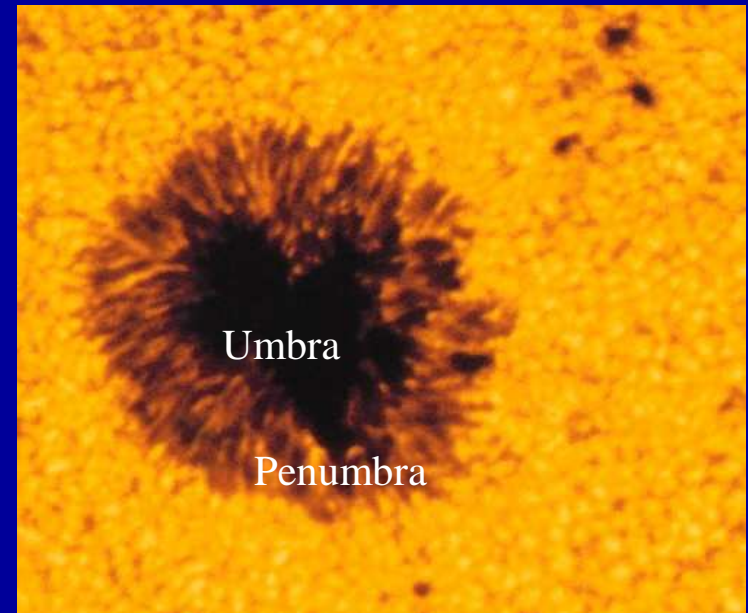
3 – *O Sol ativo*

Manchas Solares



<http://sohowww.nascom.nasa.gov/data/realtime-images.html>

SDO/HMI Quick-Look Continuum 20111119_180000



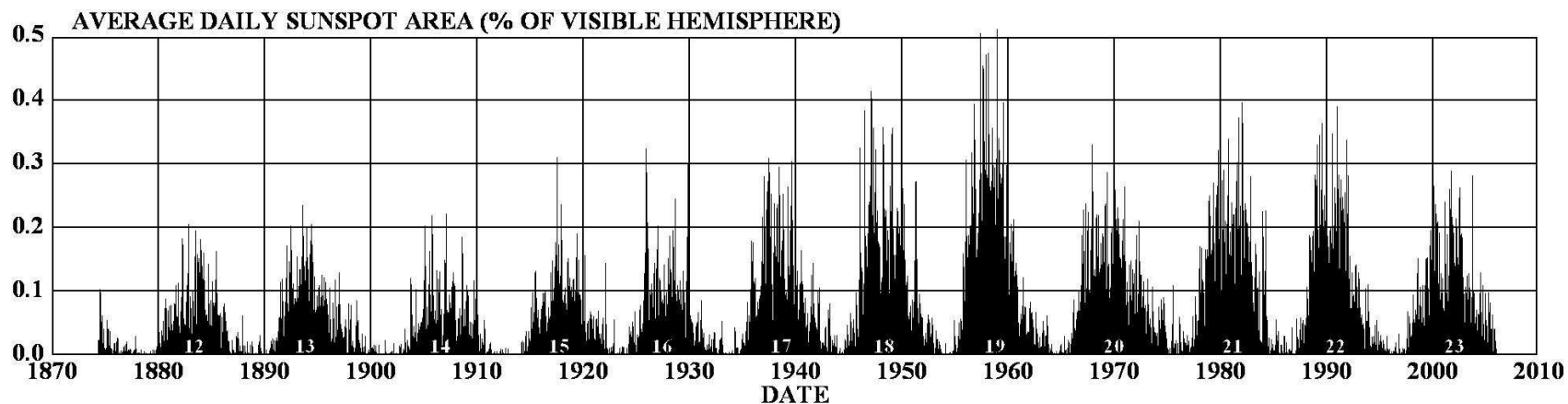
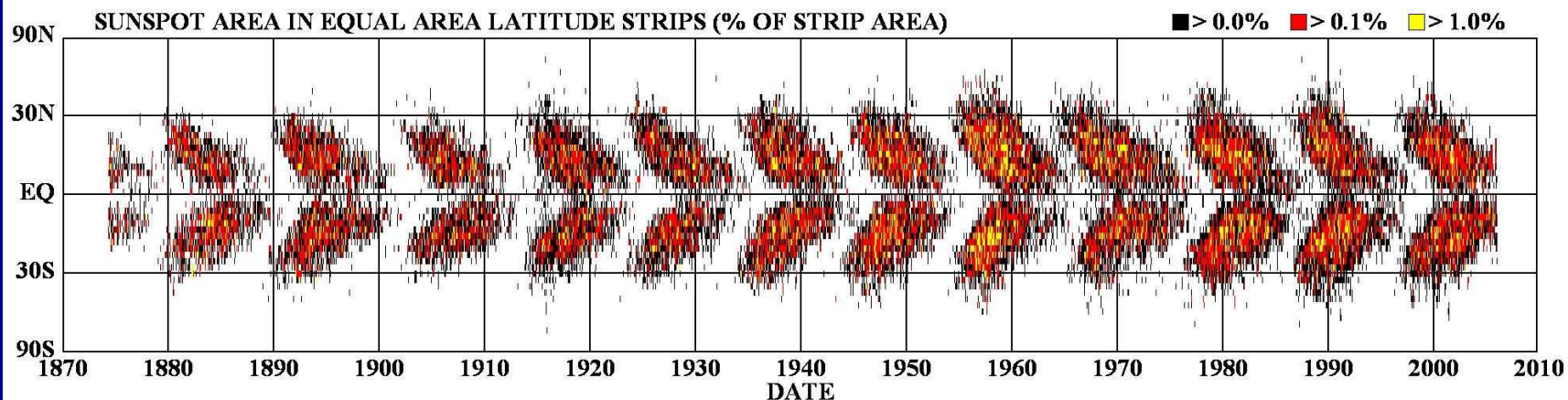
<http://www.physics.unc.edu/~evans/pub/A31/Lecture15-Sun/>

Os melhores RUMOS para os Cidadãos da Região





DAILY SUNSPOT AREA AVERAGED OVER INDIVIDUAL SOLAR ROTATIONS



<http://science.msfc.nasa.gov/ssl/pad/solar/images/bfly.gif>

NASA/NSSTC/HATHAWAY 2006/03

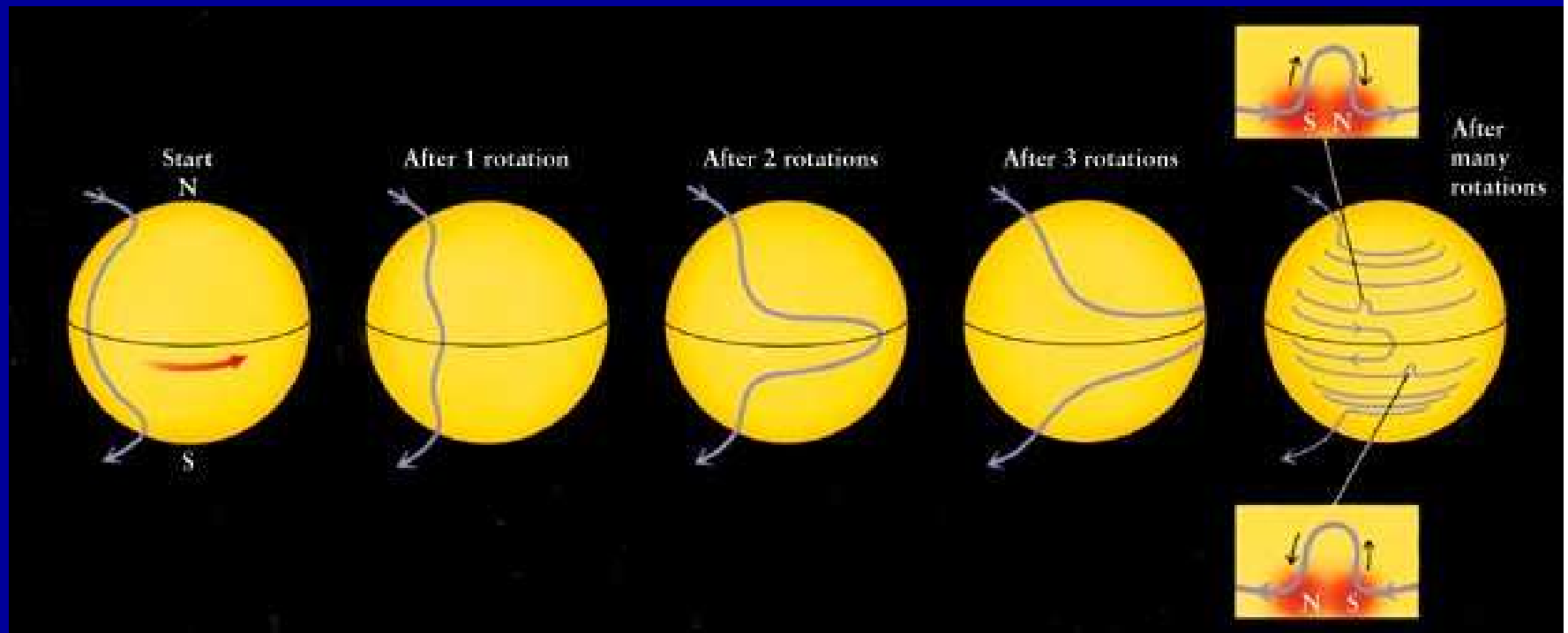
NASA [http://www.nasa.gov/vision/universe/solarsystem/solar_cycle_graphics.html] (2012).

Os melhores RUMOS para os Cidadãos da Região





Modelo de dínamo magnético



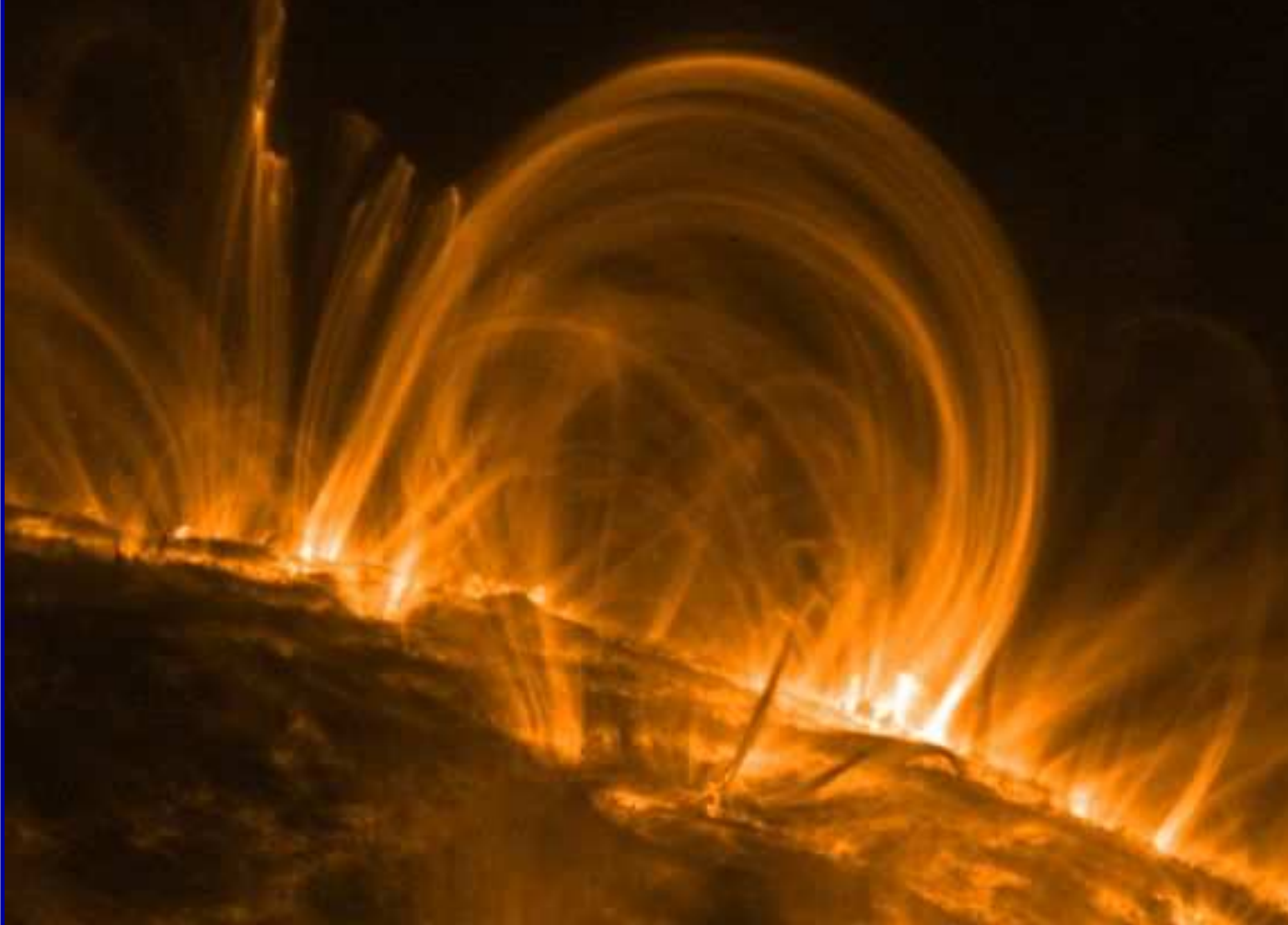
<http://www.physics.unc.edu/~evans/pub/A31/Lecture15-Sun/>

Os melhores RUMOS para os Cidadãos da Região





Arcos magnéticos na Coroa



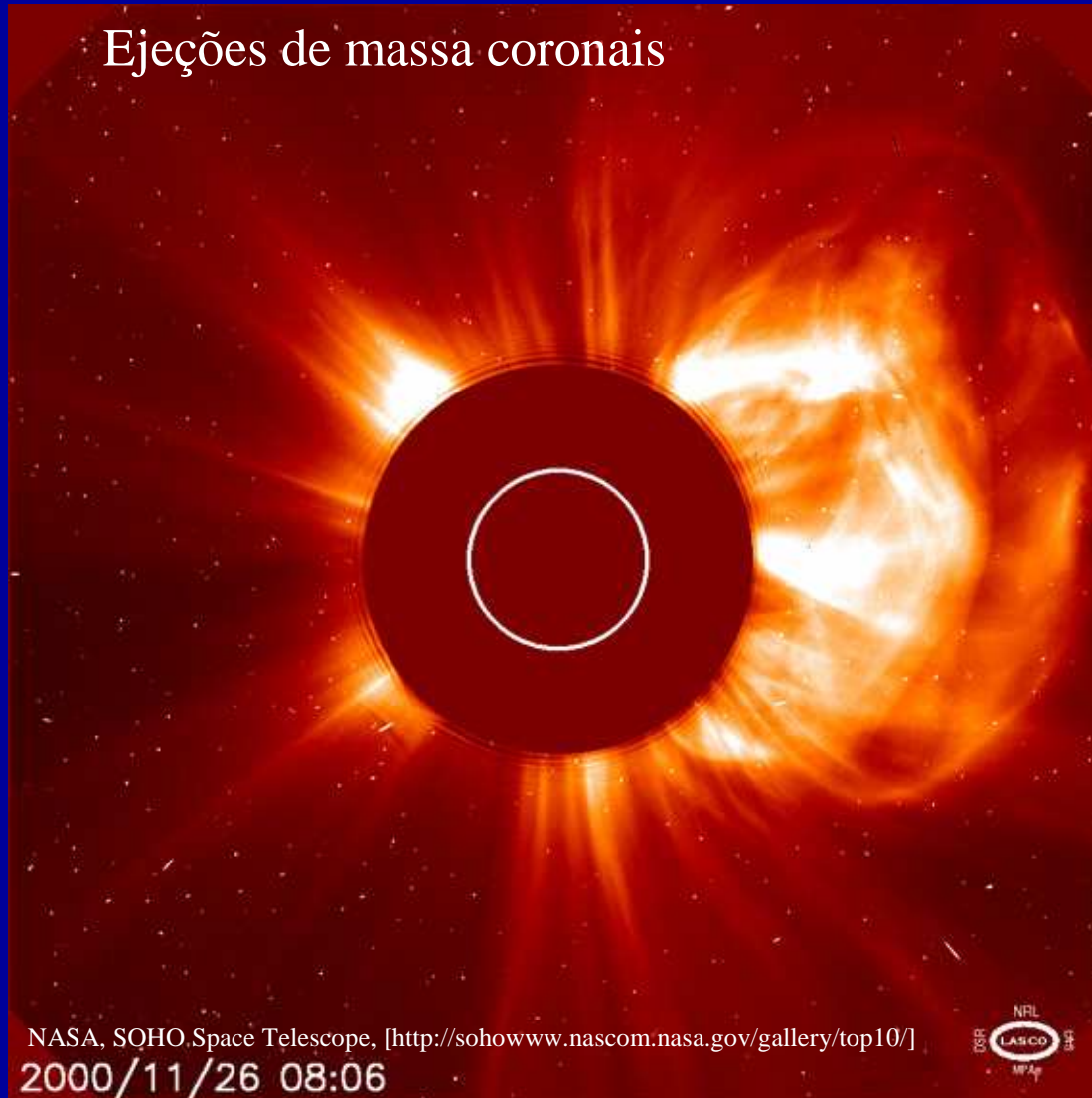
Os melhores RUMOS para os Cidadãos da Região



Aschwanden M. et al., 2000, (LMSAL, TRACE, NASA) [<http://apod.nasa.gov/apod/ap000928.html>].



Ejeções de massa coronais



NASA, SOHO Space Telescope, [<http://sohowww.nascom.nasa.gov/gallery/top10/>]

2000/11/26 08:06



Os melhores RUMOS para os Cidadãos da Região

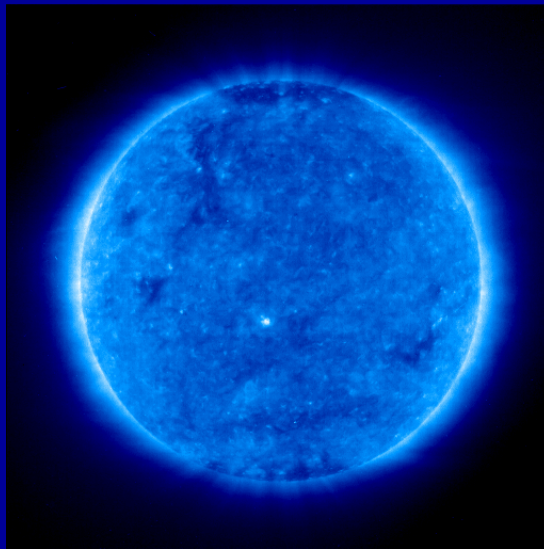




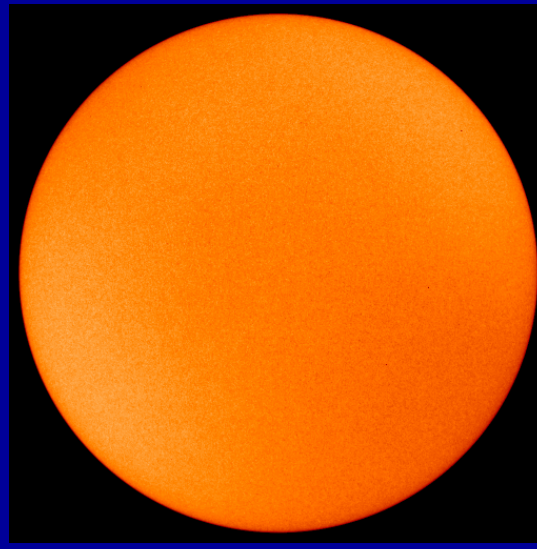
Universidade da Madeira

O Sol emite também para além da radiação visível ondas de rádio, raios X, ultravioletas ...

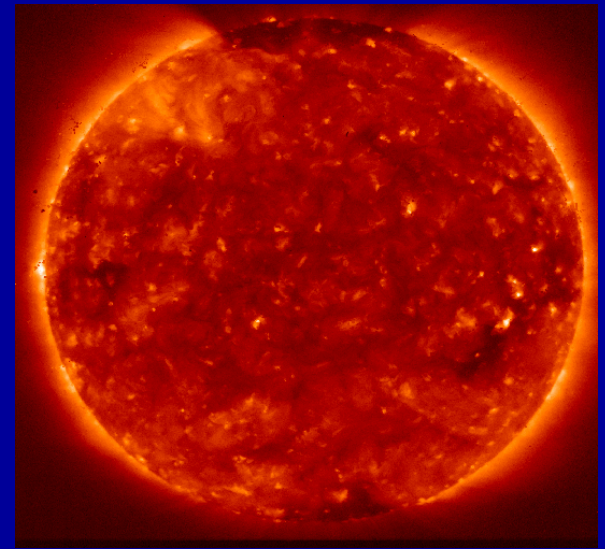
Imagens do Sol em Novembro de 2008:



ultravioleta



visível



raios X

NASA, SOHO Space Telescope

Os melhores RUMOS para os Cidadãos da Região





ATENÇÃO!

Não olhar para o Sol

Nem directamente
nem através
de binóculos!

Podem ocorrer
lesões graves
nos nossos olhos
podendo levar
mesmo à cegueira!



Projeção da imagem do Sol num alvo.



Utilização de um filtro
solar no telescópio.



Utilização de óculos
especiais.

Os melhores RUMOS para os Cidadãos da Região

