

O CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE E A ATIVIDADE SOLAR



APLICAÇÕES E IMPLICAÇÕES

EDER CASSOLA MOLINA

DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA – IAG-USP

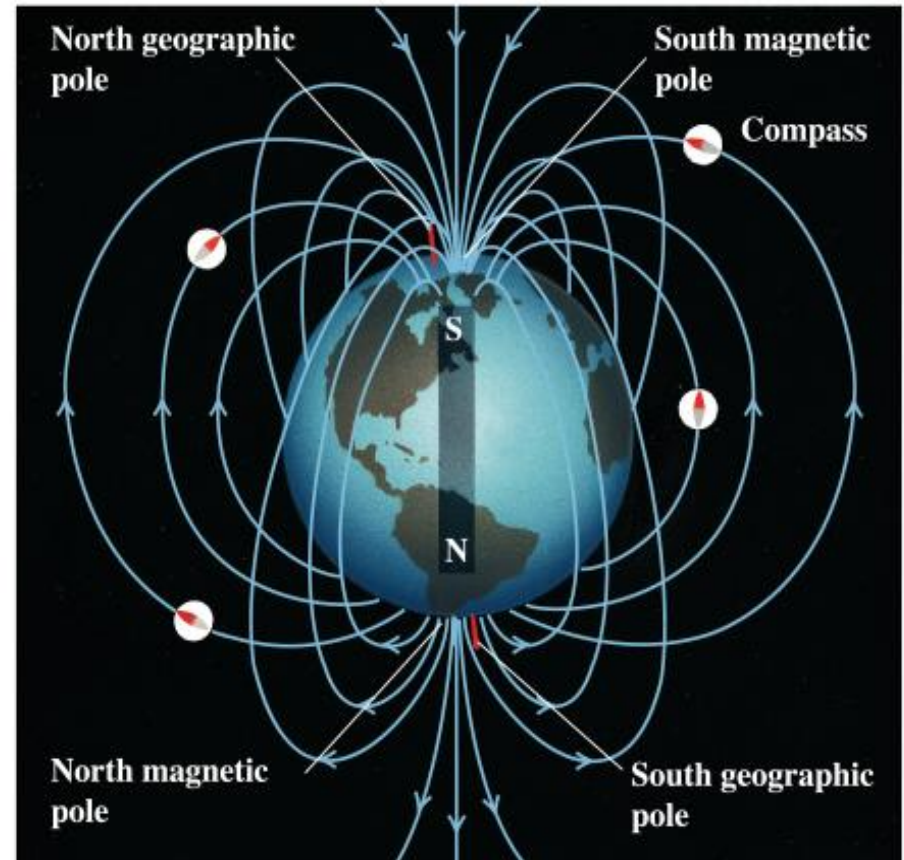
O CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE

- O CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE É SIMILAR AO DE UM IMÃ SIMPLES, COM POLO NORTE E POLO SUL. A INTENSIDADE MÉDIA DO CAMPO É DA ORDEM DE 30.000 nT.

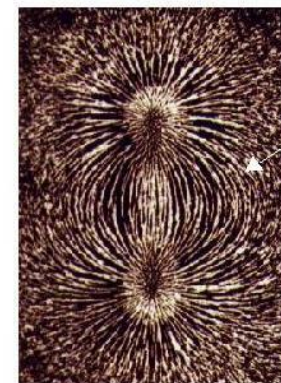
- A GERAÇÃO DO CAMPO PRINCIPAL OCORRE NO NÚCLEO METÁLICO DA TERRA; UMA PARCELA PEQUENA, MAS IMPORTANTE, É GERADA NA ALTA ATMOSFERA, PELA INTERAÇÃO DAS PARTÍCULAS CARREGADAS ALI PRESENTES E AS PARTÍCULAS EMITIDAS PELO SOL.

- COM A MUDANÇA DA POSIÇÃO DA TERRA EM RELAÇÃO AO SOL DURANTE O DIA, OCORRE UMA LENTA E CONSTANTE VARIAÇÃO, DA ORDEM DE 50 nT.

- EM OCASIÕES DE GRANDES PERTURBAÇÕES DA ATIVIDADE SOLAR, PORÉM, AS VARIAÇÕES SÃO BRUSCAS E PODEM ATINGIR 1.500 nT.



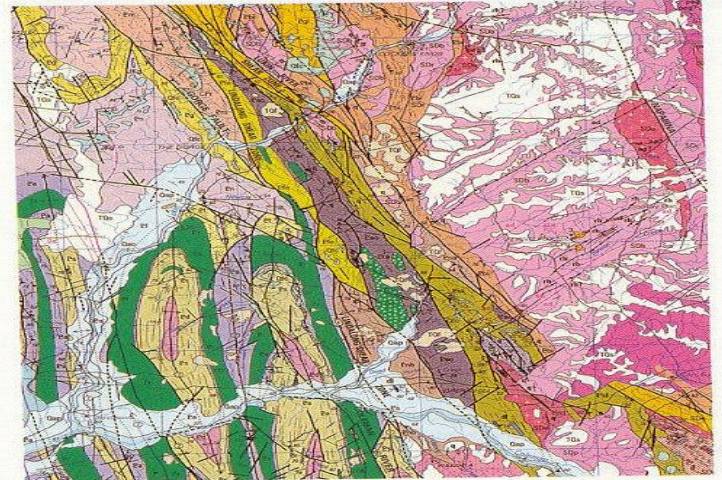
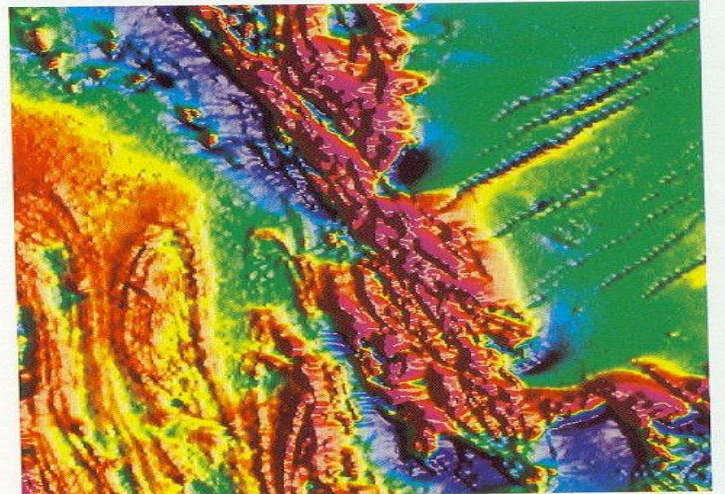
Copyright © Addison Wesley Longman, Inc.



These field lines emerge from the north pole of the magnet and re-enter at the south pole.

BONS MOTIVOS PARA ESTUDAR O CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE

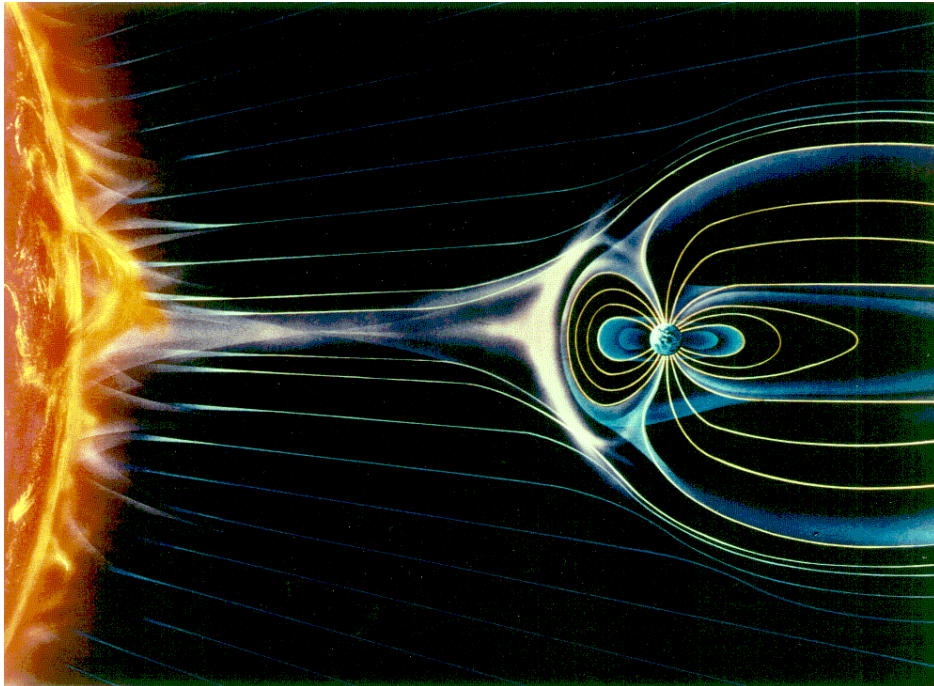
- O CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE, AO INTERAGIR COM OS MATERIAIS DAS CAMADAS MAIS SUPERFICIAIS DO PLANETA, SOFRE DIVERSAS MODIFICAÇÕES.
- A OBSERVAÇÃO E A MODELAGEM DESTAS MODIFICAÇÕES PODE FORNECER IMPORTANTES INFORMAÇÕES SOBRE DEPÓSITOS MINERAIS E ESTRUTURAS COMO CRATERAS DE IMPACTO, POR EXEMPLO.
- ALÉM DISSO, O CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE EXERCE UM IMPORTANTE PAPEL COMO 'PROTETOR' DE ALGUNS ELEMENTOS QUÍMICOS DA ATMOSFERA, BEM COMO DOS PRÓPRIOS ORGANISMOS VIVOS DA SUPERFÍCIE.
- EXISTEM TEORIAS QUE TENTAM CORRELACIONAR ÉPOCAS DE EXTINÇÃO EM MASSA COM PERÍODOS DE AUSÊNCIA DO CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE, AINDA INCONCLUSIVOS, MAS COM EVIDÊNCIAS INTERESSANTES.



REPRESENTAÇÃO DE UM ELEMENTO DO CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE E MAPA GEOLÓGICO DA ÁREA CORRESPONDENTE, EM UMA REGIÃO DA AUSTRÁLIA.

BONS MOTIVOS PARA ESTUDAR O SOL

- O SOL É A FONTE DO VENTO SOLAR, UM FLUXO DE GASES IONIZADOS E PARTÍCULAS, QUE CHEGAM NA TERRA COM VELOCIDADES DE APROXIMADAMENTE 500 km/s (QUASE 2 MILHÕES DE km/h).
- AS FLUTUAÇÕES NO VENTO SOLAR INFLUENCIAM O CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE, E A RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA E A EMISSÃO DE RAIOS-X AQUECEM A ALTA ATMOSFERA DE NOSSO PLANETA.

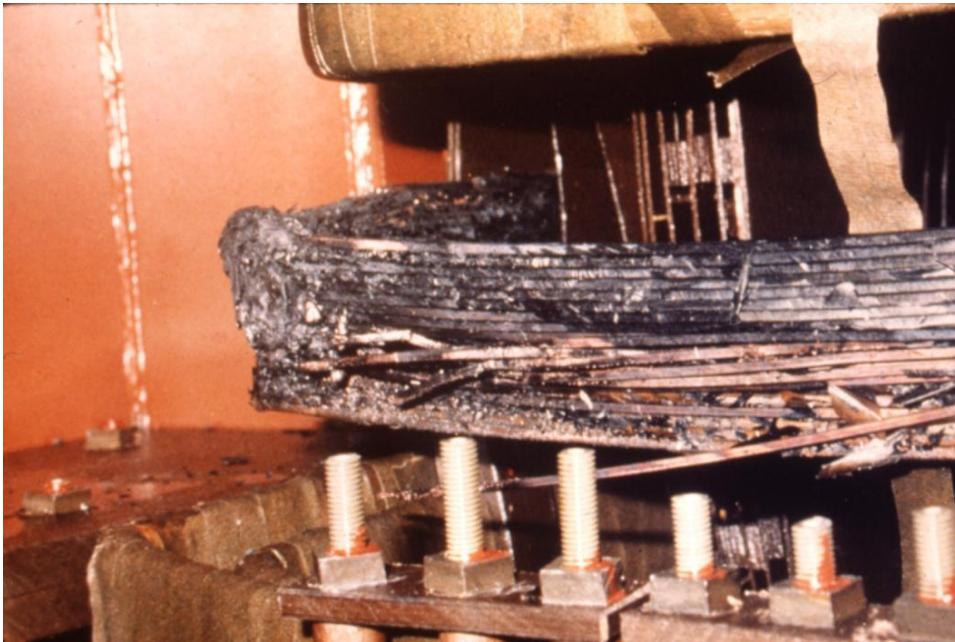


REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA
INTERAÇÃO DO VENTO SOLAR COM O
CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE

MAIS BONS MOTIVOS PARA ESTUDAR O SOL

- ESTE PANORAMA DE "CLIMA SOLAR" PODE INFLUENCIAR A ÓRBITA DE SATÉLITES, DANIFICÁ-LOS, ABREVIAR O TEMPO DE IMPORTANTES MISSÕES ESPACIAIS, E ATÉ MESMO CONSTITUIR PERIGO AOS ASTRONAUTAS.
- ALÉM DISSO, PERTURBAÇÕES NO CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE PODEM TER CONSEQUÊNCIAS DESASTROSAS EM LINHAS DE TRANSMISSÃO E EQUIPAMENTOS DE GERAÇÃO E RETIFICAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.

CONJUNTO DE TRANSFORMADORES DANIFICADOS DURANTE UMA TEMPESTADE SOLAR EM 1988. O CUSTO DE UMA UNIDADE DESTA TIPO PODE CHEGAR A 10 MILHÕES DE DÓLARES.

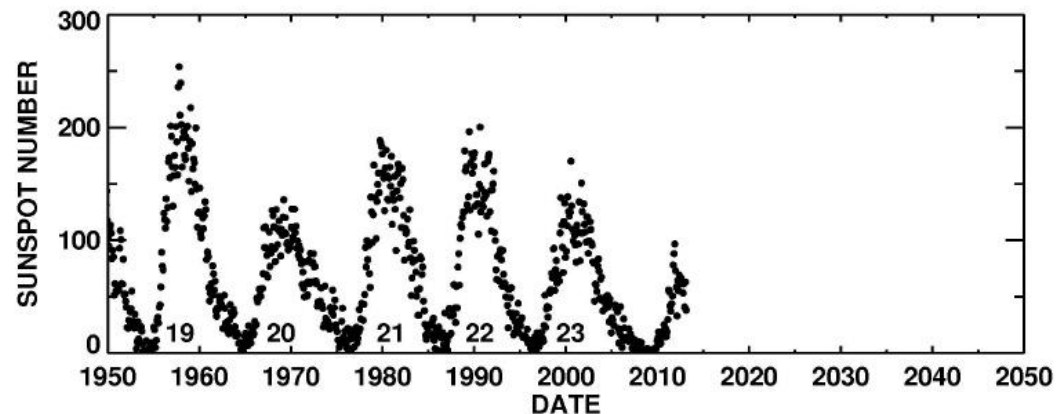
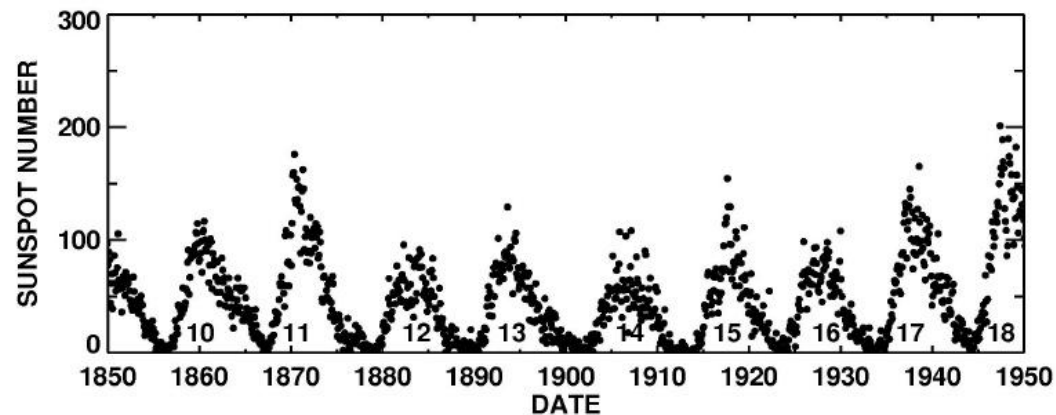
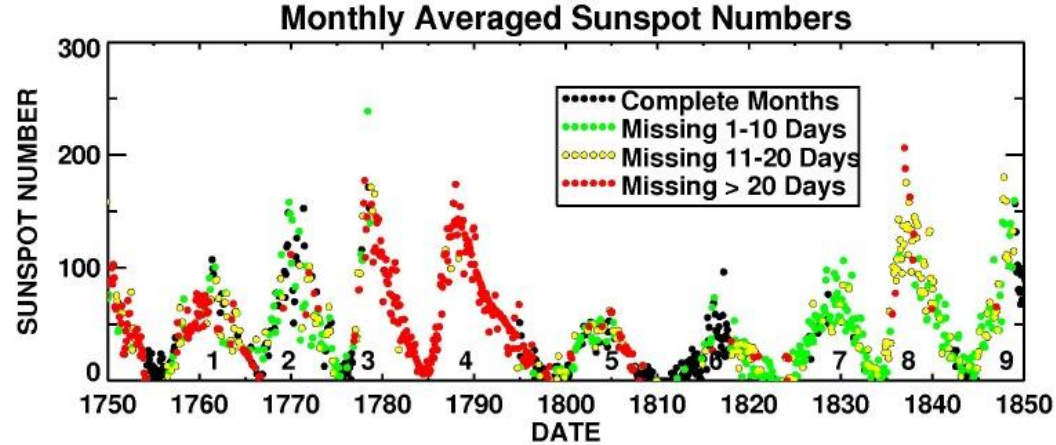


O CICLO DE MANCHAS SOLARES

- OBSERVANDO O SOL COM SEU TELESCÓPIO, GALILEU GALILEI REALIZOU AS PRIMEIRAS OBSERVAÇÕES DE MANCHAS SOLARES, O QUE GEROU GRANDE CONTROVÉRSIA E PROBLEMAS PARA O CIENTISTA.

- A PARTIR DE 1849, O OBSERVATÓRIO DE ZURICH INICIOU UMA CAMPANHA DE OBSERVAÇÃO CONTÍNUA DESTAS ESTRUTURAS E USOU OBSERVAÇÕES ANTIGAS PARA COMPLETAR OS REGISTROS A PARTIR DE 1610.

- AS MÉDIAS MENSAIS DE NÚMERO DE MANCHAS SOLARES MOSTRA UM PADRÃO DE AUMENTO E DIMINUIÇÃO AO LONGO DE 11 ANOS.



The Sunspot Number

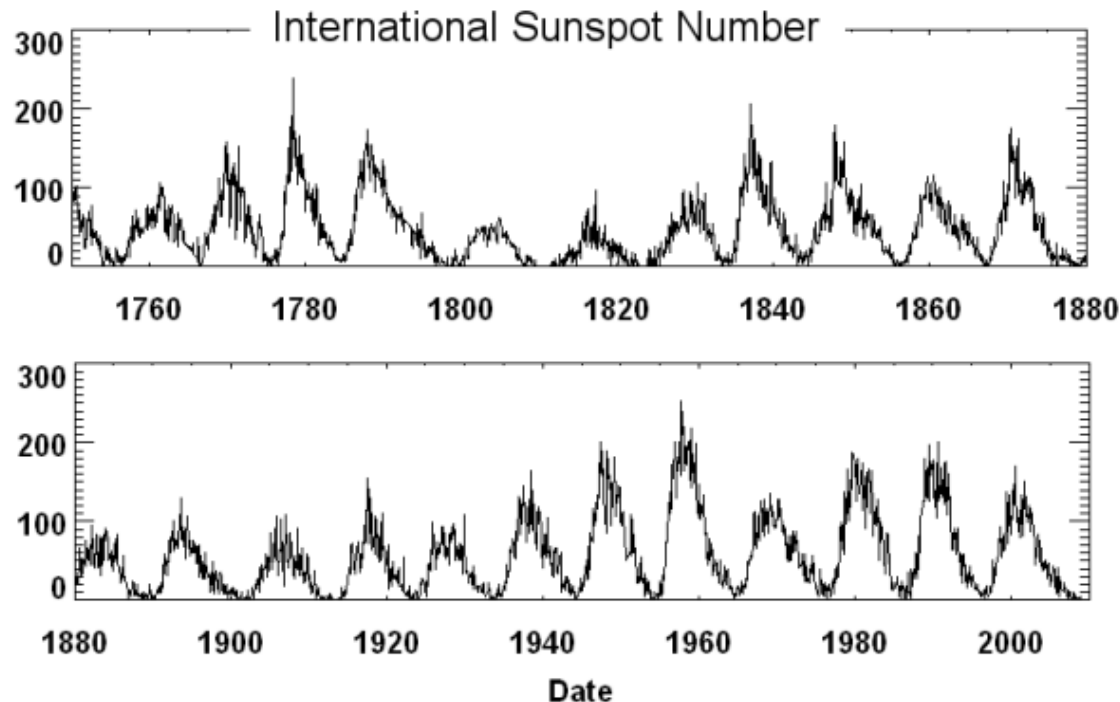
Scientists track solar cycles by counting sunspots -- cool planet-sized areas on the Sun where intense magnetic loops poke through the star's visible surface.

Counting sunspots is not as straightforward as it sounds. Suppose you looked at the Sun through a pair of (properly filtered) low power binoculars -- you might be able to see two or three large spots. An observer peering through a high-powered telescope might see 10 or 20. A powerful space-based observatory could see even more -- say, 50 to 100. Which is the correct sunspot number?

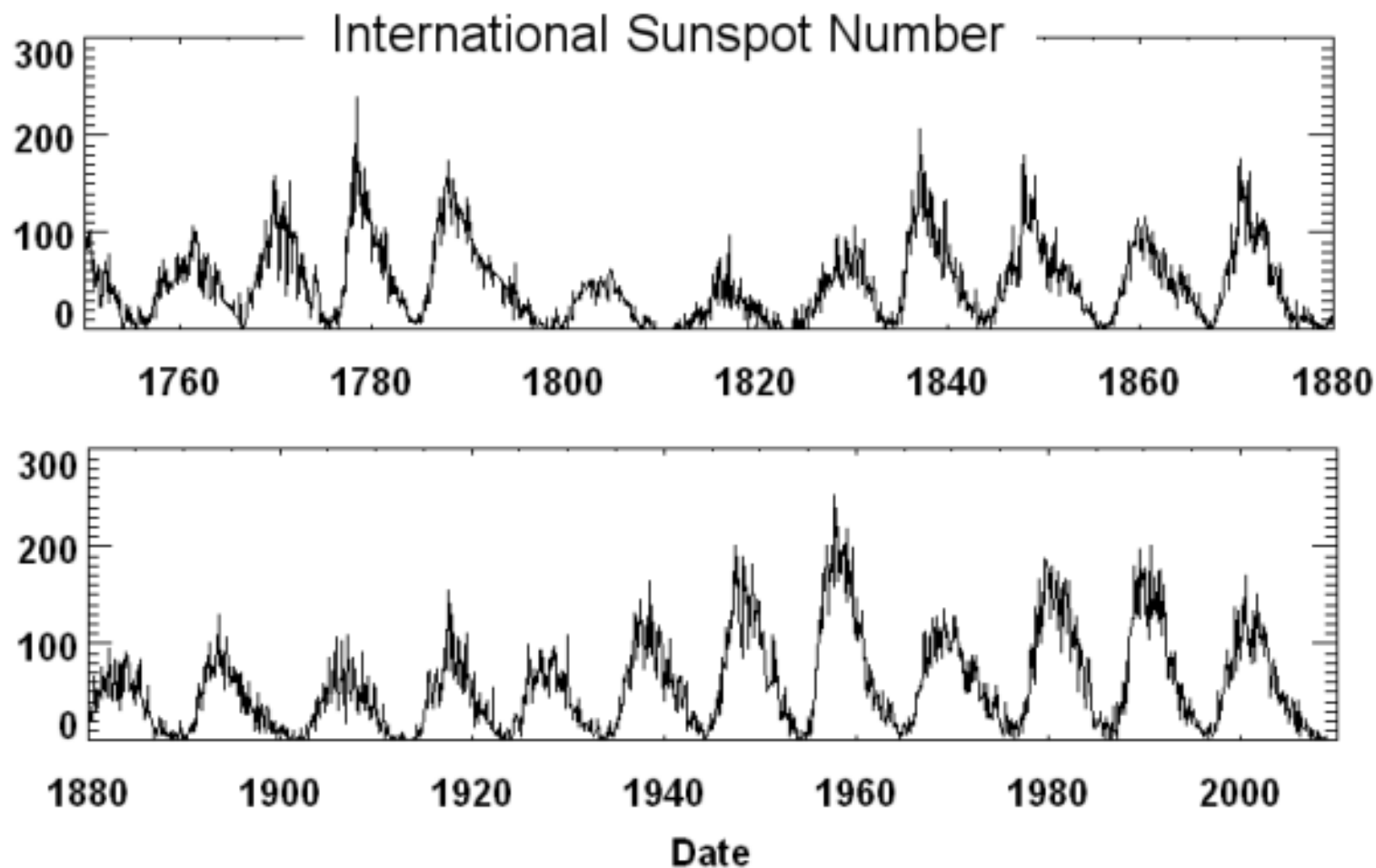
There are two official sunspot numbers in common use. The first, the daily "Boulder Sunspot Number," is computed by the NOAA Space Environment Center using a formula devised by Rudolph Wolf in 1848:

$$R=k(10g+s),$$

where R is the sunspot number; g is the number of sunspot groups on the solar disk; s is the total number of individual spots in all the groups; and k is a variable scaling factor (usually <1) that accounts for observing conditions and the type of telescope (binoculars, space telescopes, etc.). Scientists combine data from lots of observatories -- each with its own k factor -- to arrive at a daily value.



Above: International sunspot numbers from 1745 to the present. [[more](#)]



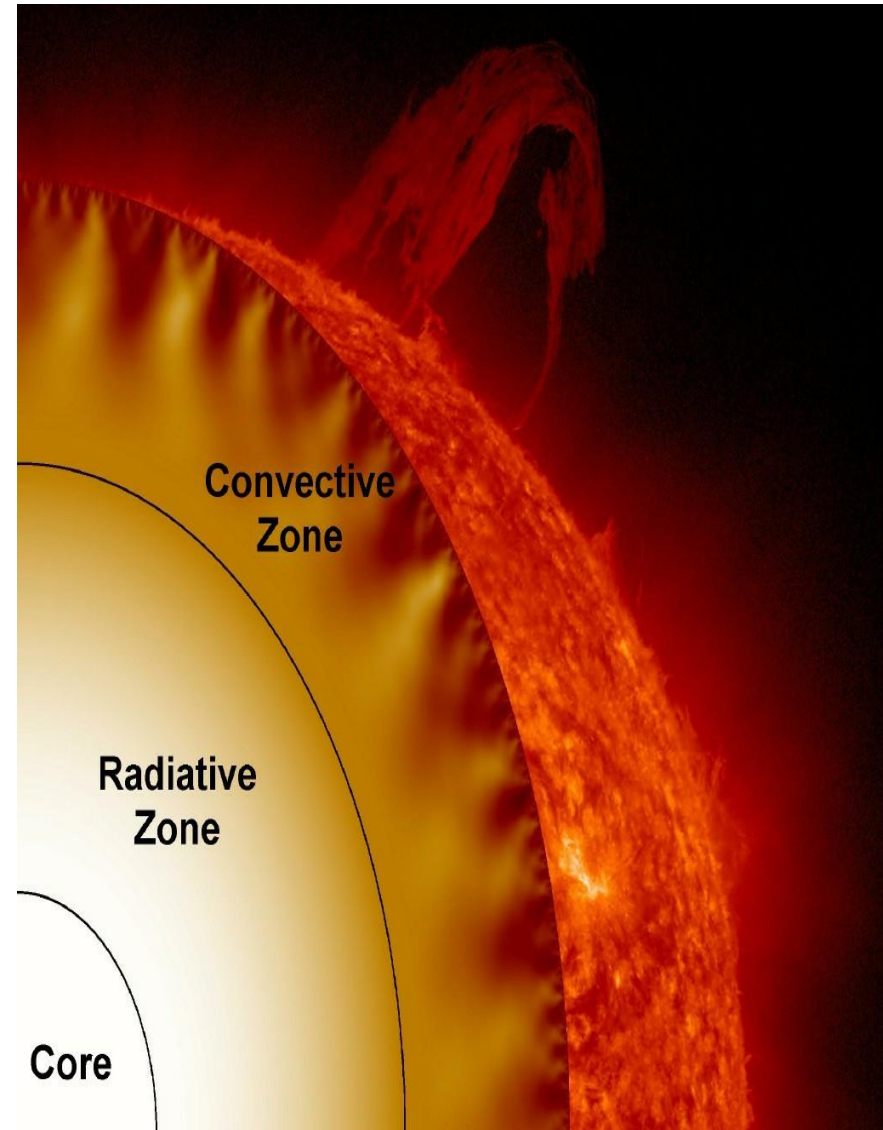
Above: International sunspot numbers from 1745 to the present. [[more](#)]

The Boulder number (reported daily on [SpaceWeather.com](#)) is usually about 25% higher than the second official index, the "International Sunspot Number," published daily by the Solar Influences Data Center in Belgium. Both the Boulder and the International numbers are calculated from the same basic formula, but they incorporate data from different observatories.

As a rule of thumb, if you divide either of the official sunspot numbers by 15, you'll get the approximate number of individual sunspots visible on the solar disk if you look at the Sun by projecting its image on a paper plate with a small telescope.

A ESTRUTURA DO SOL

- CONSIDERANDO-SE OS PROCESSOS QUE OCORREM NO SOL, SEU INTERIOR PODE SER DIVIDIDO EM 4 REGIÕES DISTINTAS.
- A ENERGIA É GERADA NO NÚCLEO, E SE TRANSFERE POR RADIAÇÃO (RAIOS GAMA E RAIOS X) PARA A ZONA RADIATIVA.
- DA ZONA RADIATIVA, A ENERGIA SE PROPAGA POR UMA FINA CAMADA, A *TACOCLINA*, ONDE SE ACREDITA QUE O CAMPO MAGNÉTICO SOLAR SEJA CRIADO, E CHEGA À ZONA CONVECTIVA, ONDE SE PROPAGA PELO MOVIMENTO DE FLUIDOS.
- A *TACOCLINA* ESTÁ A $0,7 R_{\text{SOL}}$ E TEM ESPESSURA DE $0,04 R_{\text{SOL}}$ (~ 20.000 km) (FINA, SE COMPARADA COM O RAIO DE 700.000 km DO ASTRO).
- A ZONA CONVECTIVA APRESENTA ROTAÇÃO DIFERENCIAL, GIRANDO MAIS RAPIDAMENTE NO EQUADOR E MAIS LENTAMENTE NOS POLOS.



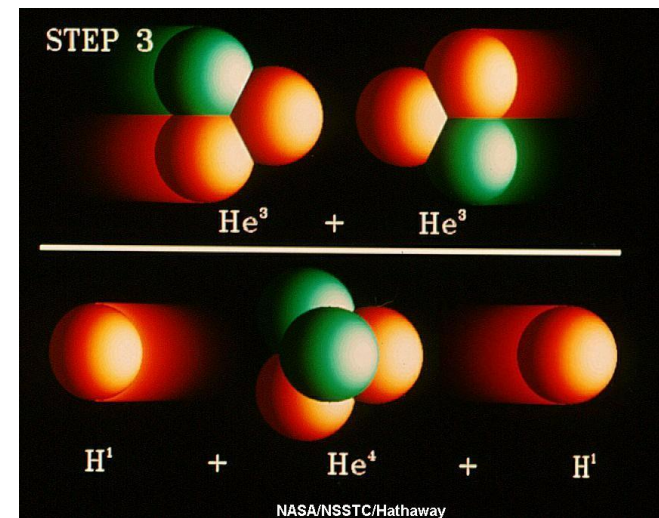
- A ENERGIA PROVENIENTE DO SOL É PRODUZIDA NO NÚCLEO, ONDE H É TRANSFORMADO EM He, COM SOBRA DE ENERGIA, QUE EM ÚLTIMA INSTÂNCIA É LIBERADA NA SUPERFÍCIE SOLAR NA FORMA DE LUZ.

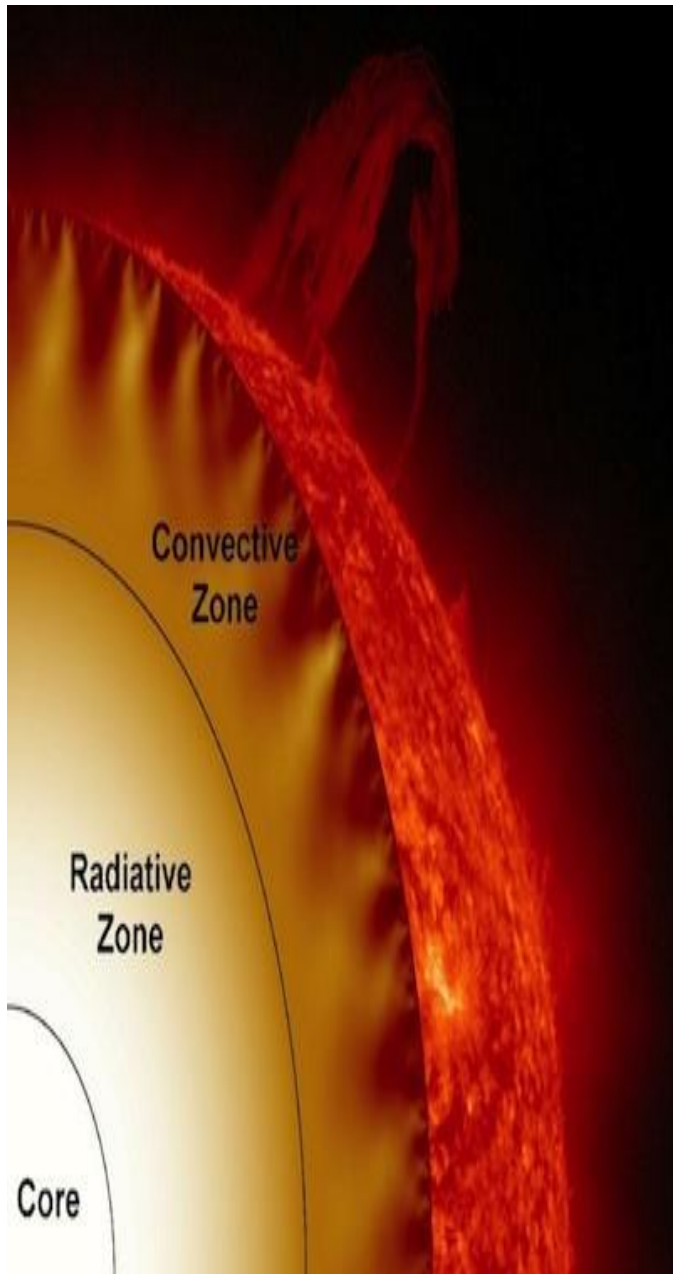
- A TEMPERATURA NO NÚCLEO DO SOL É DE APROXIMADAMENTE 15.000.000° C E A DENSIDADE CHEGA A 150 g/cm³ (10 VEZES A DENSIDADE DO OURO OU DO CHUMBO).

- A TEMPERATURA E A DENSIDADE DECRESCEM À MEDIDA QUE SE AFASTA DO CENTRO, E NA FRONTEIRA DO NÚCLEO (A 175.000 km DO CENTRO) A TEMPERATURA CAI PELA METADE E A DENSIDADE CAI A 20 g/cm³.

- EM ESTRELAS COMO O SOL, A QUEIMA DE HIDROGÊNIO OCORRE NUM PROCESSO CONHECIDO COMO PRÓTON-PRÓTON.

PRÓTON + PRÓTON → DEUTÉRIO + PÓSITRON + NEUTRINO
PRÓTON + DEUTÉRIO → NÚCLEO DE HÉLIO³ + RAIOS GAMA
NÚCLEO DE HÉLIO³ + NÚCLEO DE HÉLIO³ → NÚCLEO DE HÉLIO⁴ + 2 PRÓTONS





- A ZONA RADIATIVA É CARACTERIZADA PELO MÉTODO DE TRANSPORTE DE ENERGIA DOMINANTE: RADIAÇÃO. NELA, A ENERGIA GERADA NO NÚCLEO É TRANSPORTADA POR FÓTONS (LUZ) QUE COLIDEM COM AS PARTÍCULAS DO MEIO, E PODEM CHEGAR A DEMORAR UM MILHÃO DE ANOS PARA ATRAVESSAR O DENSO MATERIAL EXISTENTE NESTA REGIÃO, MESMO VIAJANDO À VELOCIDADE DA LUZ!

- A DENSIDADE VAI DE 20 g/cm^3 A $0,2 \text{ g/cm}^3$ E A TEMPERATURA CAI DE $7.000.000^\circ \text{ C}$ A $2.000.000^\circ \text{ C}$.

- A INTERFACE ENTRE A ZONA RADIATIVA E A ZONA CONVECTIVA (*TACOCLINA*) É UMA CAMADA FINA ONDE SE ACREDITA QUE, POR UM PROCESSO DE DÍNAMO, SEJA GERADO O CAMPO MAGNÉTICO DO SOL.

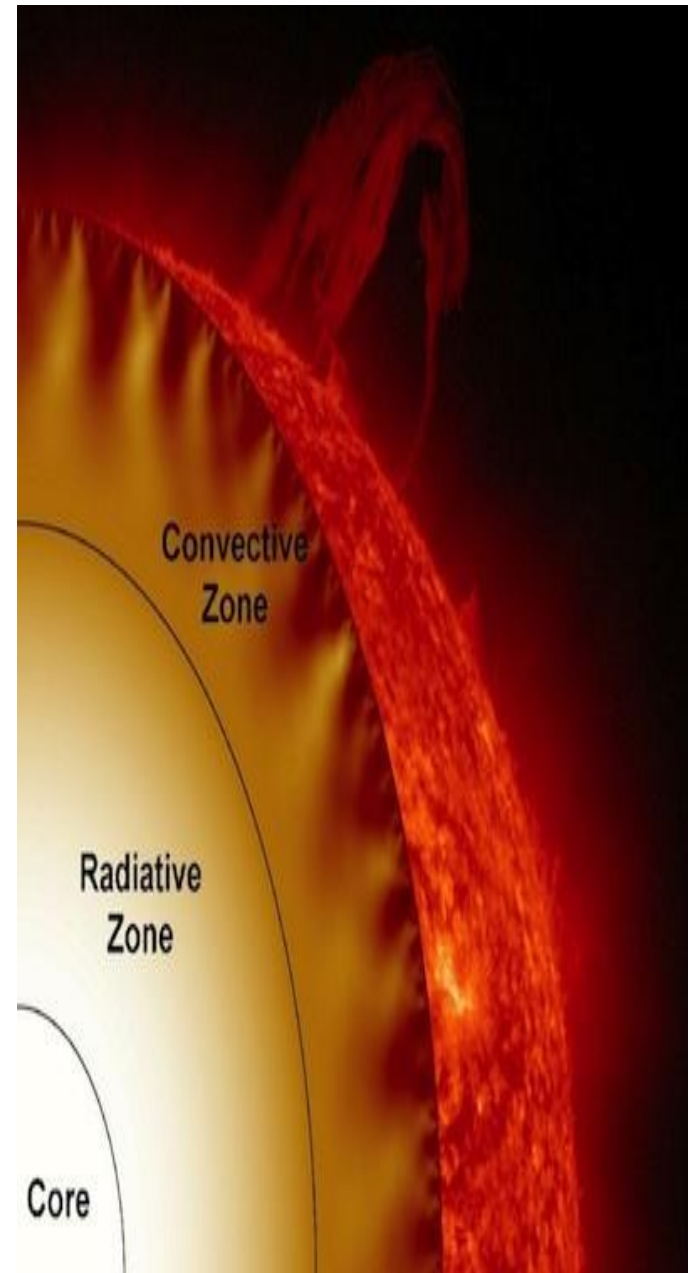
- A DIFERENÇA DE VELOCIDADES DO FLUIDO ENTRE A BASE DESTA INTERFACE E SEU TOPO 'TORCE' AS LINHAS DE FORÇA DO CAMPO MAGNÉTICO, O QUE ACARRETA IMPORTANTES EFEITOS FÍSICOS NO ASTRO.

- A ZONA CONVECTIVA É A MAIS EXTERNA DO SOL, INDO DE UMA PROFUNDIDADE DE APROXIMADAMENTE 200.000 km ATÉ A SUPERFÍCIE VISÍVEL. A TEMPERATURA É 'BAIXA' O SUFICIENTE PARA QUE OS ÍONS DE C, N, O, Ca E Fe 'SEGUREM' SEUS ELÉTRONS, FAZENDO O MATERIAL MAIS OPACO, DIFICULTANDO A SAÍDA DA RADIAÇÃO.

- ESTE PROCESSO APRISIONA O CALOR, E FAZ COM QUE O FLUIDO SE TORNE INSTÁVEL E INICIE O PROCESSO DE CONVECÇÃO.

- A CONVECÇÃO É UM PROCESSO MUITO EFICIENTE DE TRANSPORTE DE CALOR PARA A SUPERFÍCIE. AO SUBIR, O FLUIDO SE EXPANDE E RESFRIA, CHEGANDO À TEMPERATURA DE 6.000° C E UMA DENSIDADE DE 0,0000002 gm/cm³ NA SUPERFÍCIE.

- O PROCESSO DE CONVECÇÃO PODE SER OBSERVADO POR MEIO DE ESTRUTURAS CONHECIDAS COMO GRÂNULOS E SUPERGRÂNULOS.



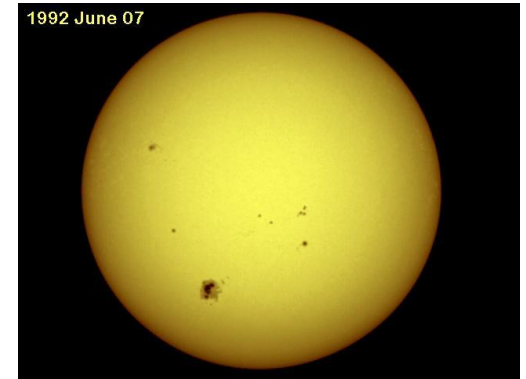
A FOTOSFERA

- A FOTOSFERA É A SUPERFÍCIE VISÍVEL DO SOL COM A QUAL ESTAMOS FAMILIARIZADOS. COMO O SOL É GASOSO, ESTA SUPERFÍCIE NAO É SÓLIDA, E SIM UMA CAMADA FINA (COMPARADA COM OS 700.000 km DE RAO DO ASTRO) DE APROXIMADAMENTE 100 km DE ESPESSURA.

- OLHANDO PARA O CENTRO DO DISCO SOLAR NOTAMOS QUE ELE É BRILHANTE E MAIS QUENTE DO QUE NAS BORDAS, ONDE ENXERGAMOS OS RAIOS LUMINOSOS QUE TOMARAM UM CAMINHO *ENVIESADO* PARA CHEGAR À SUPERFÍCIE. ISSO EXPLICA A COLORAÇÃO MAIS ESCURA OBSERVADA NAS BORDAS DO DISCO SOLAR.

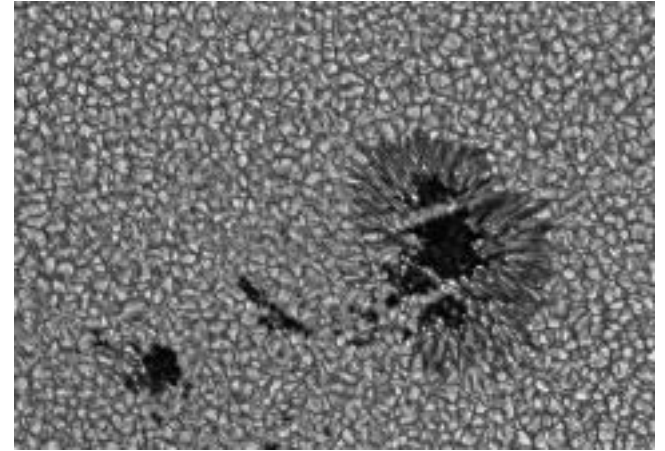
- VÁRIAS ESTRUTURAS PODEM SER OBSERVADAS NA FOTOSFERA, MESMO COM TELESCÓPIOS SIMPLES (**NOTA: É NECESSÁRIO SEMPRE USAR FILTROS PARA OBSERVAR O SOL!**). AS FEIÇÕES MAIS NOTÁVEIS SÃO AS MANCHAS SOLARES (REGIÕES MAIS ESCURAS), AS FÁCULAS (REGIÕES MAIS BRILHANTES), E OS GRÂNULOS.

- MEDINDO O FLUXO DE MATERIAL QUE ATRAVESSA ESSA SUPERFÍCIE (POR EFEITO DOPPLER), PODEM SER DETECTADAS ESTRUTURAS CONHECIDAS COMO SUPERGRÂNULOS, FLUXOS DE MATERIAL EM LARGA ESCALA, E PADRÕES DE ONDAS E OSCILAÇÕES.



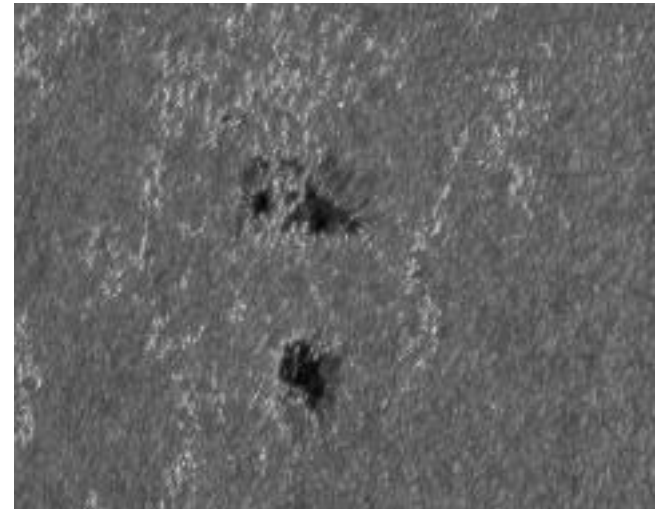
MANCHAS SOLARES

- APARECEM COMO MANCHAS ESCURAS NA SUPERFÍCIE DO SOL. A TEMPERATURA NO SEU CENTRO CAI A 4000°C (CONTRA 6000°C NO SEU ENTORNO). DURAM NORMALMENTE VÁRIOS DIAS, E AS MAIORES PODEM DURAR SEMANAS.
- SAO REGIÕES NA FOTOSFERA ONDE O CAMPO MAGNETICO É MILHARES DE VEZES MAIS FORTE DO QUE O CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE.
- AS MANCHAS SOLARES NORMALMENTE APARECEM AOS PARES, COM POLARIDADES DISTINTAS. O CAMPO MAGNETICO É MAIS INTENSO NA PARTE ESCURA DAS MANCHAS - A **UMBRA**, E É MENOS INTENSO NA PARTE MAIS CLARA - A **PENUMBRA**.



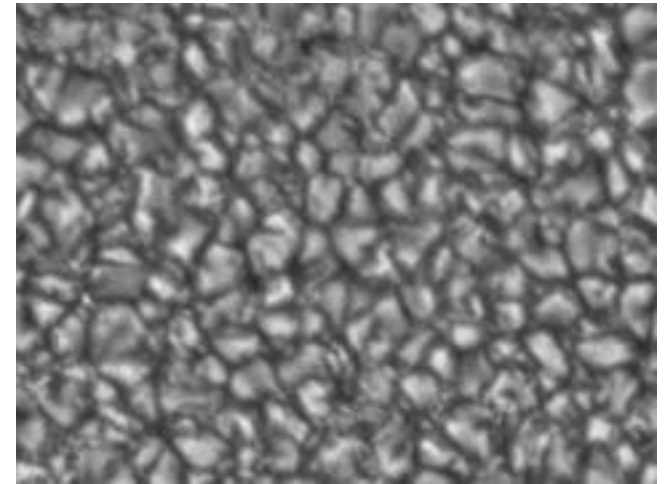
FÁCULAS

- SÃO ÁREAS CLARAS ONDE AS LINHAS DE CAMPO MAGNÉTICO SE CONCENTRAM EM ÁREAS MENORES DO QUE NAS MANCHAS SOLARES. DURANTE OS PERÍODOS DE MAIOR ATIVIDADE SOLAR, ESTAS ESTRUTURAS SÃO PREDOMINANTES, E O SOL APARENTA UM BRILHO 0,1% MAIOR DO QUE O NORMAL.



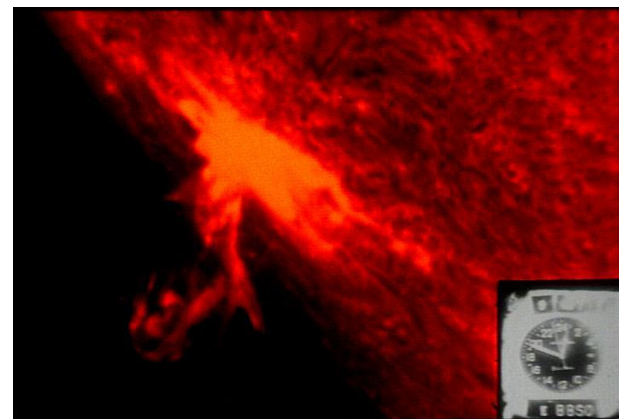
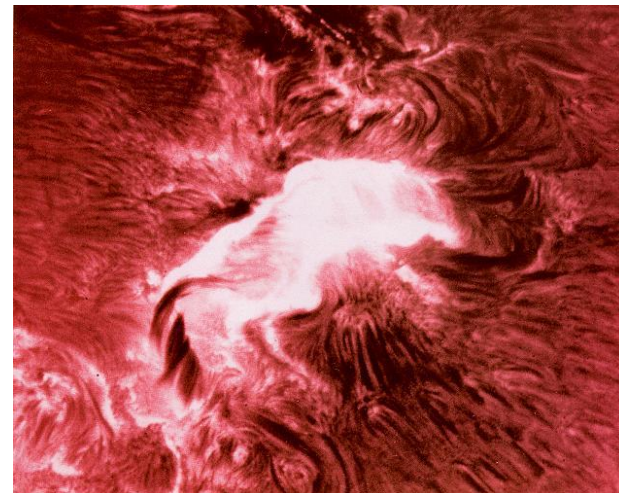
GRÂNULOS

- SÃO ESTRUTURAS CELULARES COM ~ 1.000 km DE EXTENSÃO, QUE COBREM TODA A SUPERFÍCIE DO SOL, COM EXCEÇÃO DA ÁREAS ONDE EXISTEM MANCHAS SOLARES.
- REPRESENTAM O TOPO DAS CÉLULAS DE CONVECÇÃO, ONDE O FLUIDO QUENTE QUE VEM DO INTERIOR DO SOL, AO ATINGIR A SUPERFÍCIE, EXPANDE-SE, RESFRIA-SE E VOLTA AO INTERIOR DO ASTRO.
- OS GRÂNULOS INDIVIDUAIS DURAM APROXIMADAMENTE 20 MINUTOS, E O PADRÃO DE GRANULAÇÃO VAI CONSTANTEMENTE EVOLUINDO, À MEDIDA EM QUE NOVOS GRÂNULOS SURGEM E OS VELHOS DESAPARECEM.
- O FLUXO DE MATERIAL DOS GRÂNULOS PODE ATINGIR VELOCIDADES SUPERSÔNICAS DE MAIS DE 7 km/s, E PRODUZIR "BOOMS" SÔNICOS E OUTROS TIPOS DE RUÍDO QUE ORIGINAM ONDAS NA SUPERFÍCIE DO SOL.



ERUPÇÕES SOLARES (SOLAR FLARES)

- SÃO TREMENDAS EXPLOSÕES NA SUPERFÍCIE DO SOL, ONDE, EM POUCOS MINUTOS, O MATERIAL É AQUECIDO A MUITOS MILHÕES DE GRAUS, QUANDO SE LIBERA UMA ENERGIA SUPERIOR A UM BILHÃO DE MEGATONS. (TODO ARSENAL BÉLICO NUCLEAR DO MUNDO TOTALIZA 5.000 MEGATONS)
- ERUPÇÕES SOLARES OCORREM NORMALMENTE NA LINHA DIVISÓRIA ENTRE AS REGIÕES DE POLARIDADES DISTINTAS DE PARES DE MANCHAS SOLARES.
- A ENERGIA DESTAS ERUPÇÕES É LIBERADA DE VÁRIAS FORMAS: ONDAS ELETROMAGNÉTICAS (RAIOS-X E RAIOS GAMA), PARTÍCULAS COM DIFERENTES ENERGIAS (PRÓTONS E ELÉTRONS) E FLUXO DE MASSA.
- AS ERUPÇÕES PODEM SER CARACTERIZADAS POR SEU FLUXO DE RAIOS-X. AS MAIS INTENSAS SÃO **CLASSE-X**, AS MÉDIAS SÃO **CLASSE-M** E AS MAIS FRACAS SÃO **CLASSE-C**. A ESCALA DE CLASSIFICAÇÃO, PORÉM, É LOGARÍTMICA.
- AS ERUPÇÕES SOLARES SÃO FREQUENTEMENTE OBSERVADAS UTILIZANDO-SE O FILTRO H-ALFA.



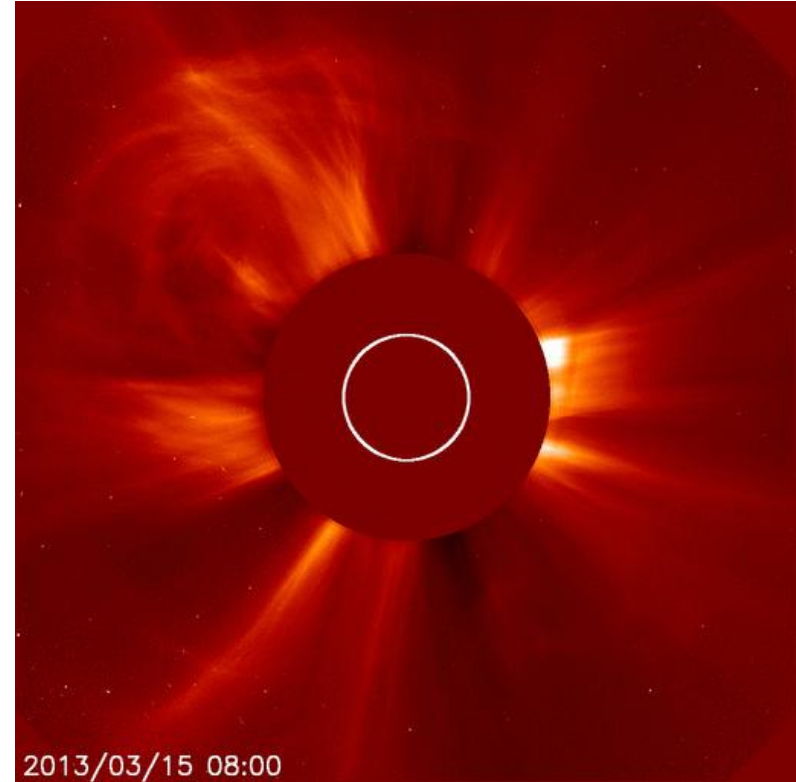
EJEÇÃO DE MASSA CORONAL (CME)

- É A EJEÇÃO DE IMENSAS “BOLHAS” DE GÁS APRISIONADO POR LINHAS DE CAMPO MAGNÉTICO. ESTE TIPO DE EVENTO CAUSA UMA DESCONTINUIDADE NO FLUXO DE VENTO SOLAR E PRODUZ DISTÚRBIOS QUE PODEM CAUSAR RESULTADOS CATASTRÓFICOS NA TERRA.

- ALGUMAS EJEÇÕES DE MASSA CORONAL CHEGAM A ENGLOBALAR INTEIRAMENTE ATÉ O PRÓPRIO SOL.

- AS CMEs NORMALMENTE ESTÃO ASSOCIADAS COM AS ERUPÇÕES SOLARES E PROÊMINÊNCIAS, MAS PODEM OCORRER TAMBÉM NA AUSÊNCIA DESTAS.

- A FREQUÊNCIA DE CMEs VARIA AO LONGO DO CICLO DE ATIVIDADE SOLAR. EM PERÍODOS DE MÍNIMO DESTE CICLO, OBSERVA-SE EM MÉDIA UMA CME POR SEMANA, AO PASSO QUE EM PERÍODOS DE MÁXIMA ATIVIDADE SOLAR PODE-SE OBSERVAR 2 A 3 CMEs POR DIA.



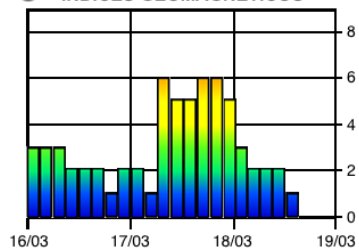
EJEÇÃO DE MASSA CORONAL (CME)
OCORRIDA EM 15/MAR/2013, 6:00 GMT.

A EJEÇÃO DEMOROU ALGUMAS HORAS PARA SE COMPLETAR, E EM DOIS DIAS CHEGOU À TERRA, ORIGINANDO UMA ACENTUADA PERTURBAÇÃO NO CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE, E AURORAS NO "SAINT PATRICK'S DAY"

AURORA OBSERVADA NO "SAINT PATRICK'S DAY" ORIGINADA PELA CHEGADA DA CME OCORRIDA EM 15/MAR/2013, E EFEITOS OBSERVADOS NO CAMPO GEOMAGNÉTICO PELO APLICATIVO "**MAGNETIC STORMS**"



ÍNDICES GEOMAGNÉTICOS

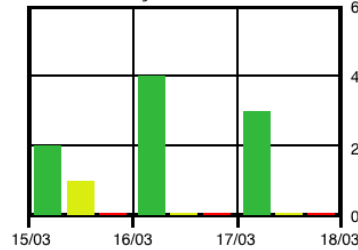


ÍNDICE "A" PARA O PERÍODO

	16/03	17/03	18/03
Latitudes Médias	08	32	N/D
Latitudes Altas	13	79	N/D
Estimativa Planetária	10	46	08



ERUPÇÕES SOLARES

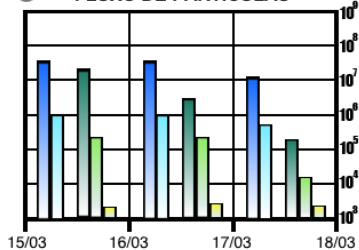


NÚMERO DE ERUPÇÕES EM RAIOS-X

Classe-C (pouco intensas)	3
Classe-M (moderadas)	1
Classe-X (muito intensas)	0



FLUXO DE PARTÍCULAS



FLUXO DE PRÓTONS E ELÉTRONS

elétrons com energia > 0,8 MeV	10^7
elétrons com energia > 2,0 MeV	10^6
prótons com energia > 1,0 MeV	10^5
prótons com energia > 10,0 MeV	10^4
prótons com energia > 100,0 MeV	10^3



Entrevista de domingo: App brasileiro monitora as atividades solares

Por Vanessa Daraya, de INFO Online • Domingo, 17 de março de 2013 - 11h13

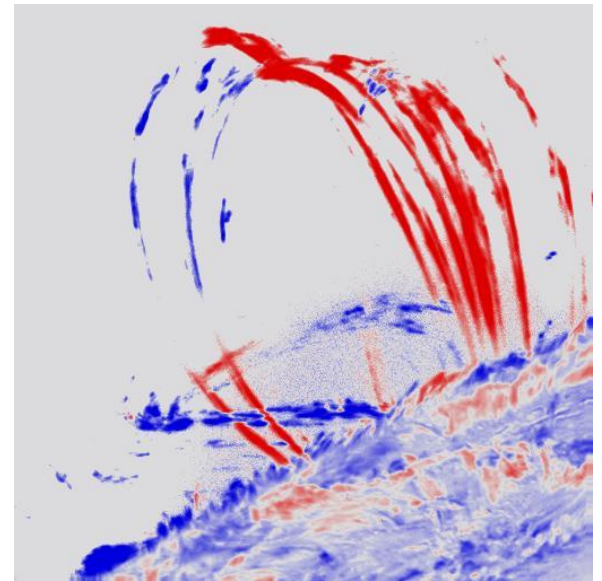
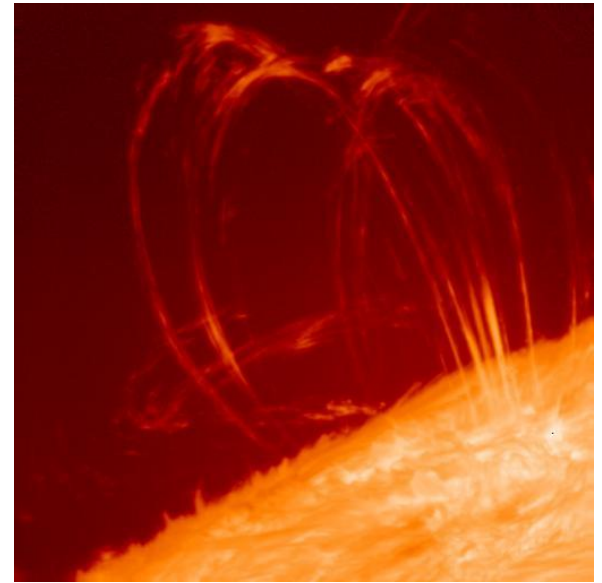


André Molina (esquerda) e Eder Cassola Molina, eles criaram um app para ajudar a monitorar a atividade solar

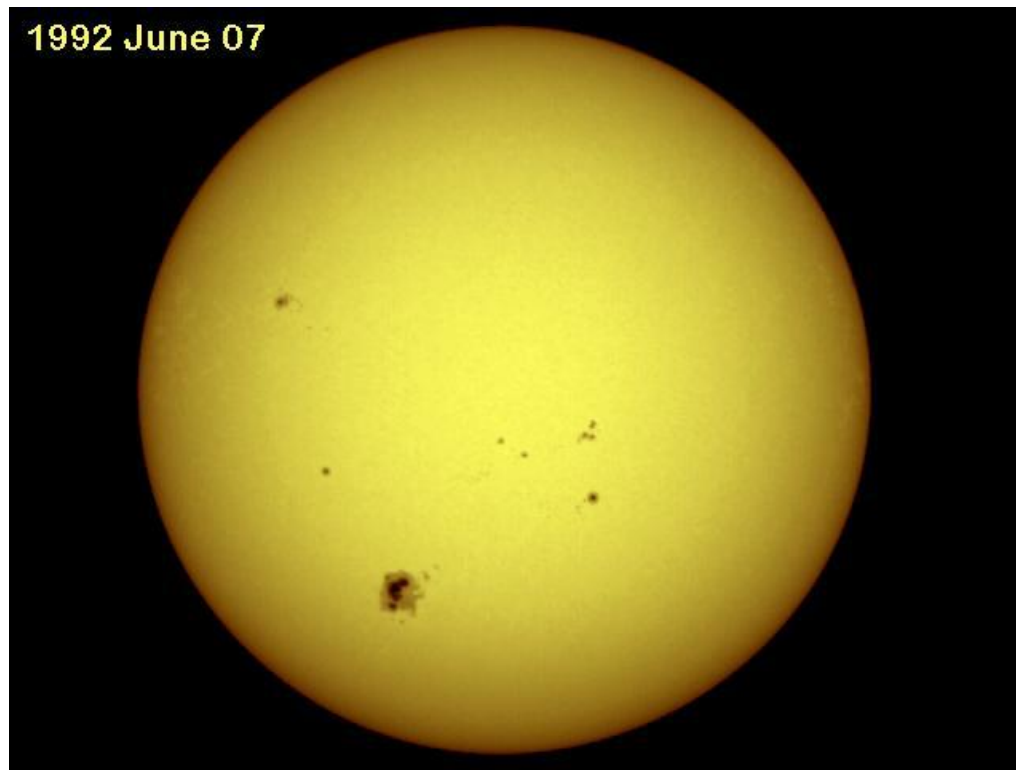


LAÇOS PÓS-EXPLOÇÃO (POST-FLARE LOOPS)

- APÓS UMA ERUPÇÃO SOLAR É COMUM OBSERVAREM-SE UMA SÉRIE DE LAÇOS ACIMA DA SUPERFÍCIE SOLAR, MELHOR VISÍVEIS EM EMISSÃO H-ALFA.
- ESTES LAÇOS MOSTRAM QUE O MATERIAL ACIMA DA COROA SOLAR CONDENSA-SE ACIMA DOS LAÇOS E FLUI DE VOLTA AO SOL. O CAMPO MAGNÉTICO CONFINANTE PERMITE QUE O MATERIAL NO INTERIOR DOS LAÇOS FIQUE TERMICAMENTE ISOLADO E POSSA ATINGIR TEMPERATURAS BEM MAIS BAIXAS QUE OS TÍPICOS $1.000.000^{\circ}\text{C}$ DA ÁREA AO SEU REDOR.
- A VELOCIDADE DO FLUXO DE MATERIAL AO LONGO DESTES LAÇOS PODE SER DETERMINADA USANDO O EFEITO DOPPLER. ASSIM, A LUZ DO MATERIAL QUE SE MOVE NA NOSSA DIREÇÃO VAI SE DESLOCAR PARA A REGIÃO DO AZUL, AO PASSO QUE A LUZ DO MATERIAL QUE SE AFASTA VAI SE DESLOCAR PARA O VERMELHO.
- A IMAGEM DO LOOP À DIREITA, QUE OCORREU EM 26/6/1992, MOSTRA UMA ESTRUTURA NA FORMA DE UM TÚNEL, COM FILAMENTOS ALINHADOS EM SEQUÊNCIA.

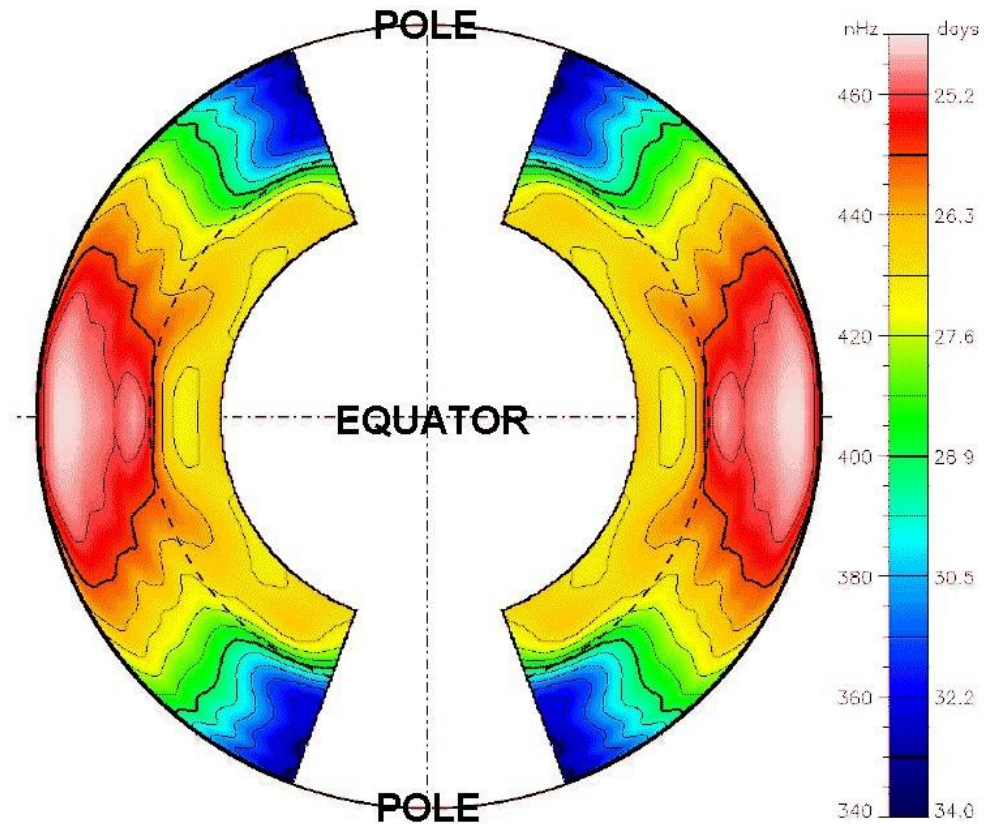


- O SOL APRESENTA UM MOVIMENTO DE ROTAÇÃO DE PERÍODO DE APROXIMADAMENTE 27 DIAS, QUE FOI CONSTATADO PELO MOVIMENTO DAS MANCHAS SOLARES.
- O EIXO DE ROTAÇÃO DO SOL ESTÁ DESLOCADO DE ~ 7 GRAUS EM RELAÇÃO À PERPENDICULAR AO PLANO DA ÓRBITA DA TERRA AO SEU REDOR, O QUE FAZ COM QUE OS SEUS POLOS SEJAM MAIS E MENOS VISÍVEIS EM DETERMINADOS PERÍODOS.
- POR NÃO SER UM CORPO RÍGIDO, O SOL NÃO EXECUTA O MOVIMENTO DE ROTAÇÃO DE FORMA UNIFORME. AS REGIÕES EQUATORIAIS SOLARES GIRAM MAIS RAPIDAMENTE (~ 24 DIAS PARA COMPLETAR UMA REVOLUÇÃO) DO QUE AS REGIÕES POLARES (~ 30 DIAS PARA COMPLETAR UMA REVOLUÇÃO).



HELIOSISMOLOGIA

- A SUPERFÍCIE SOLAR APRESENTA DIVERSAS OSCILAÇÕES GERADAS POR ONDAS ACÚSTICAS PRODUZIDAS POR VARIAÇÕES DE PRESSÃO ORIGINADAS NOS MOVIMENTOS DE CONVECÇÃO DO INTERIOR DO SOL.
- ESTAS ONDAS SE PROPAGAM ATÉ A SUPERFÍCIE E SÃO REFLETIDAS, POR CAUSA DO GRANDE CONTRASTE DE IMPEDÂNCIA ACÚSTICA CAUSADO PELA ABRUPTA VARIAÇÃO DE DENSIDADE E PRESSÃO NESTA REGIÃO, VOLTANDO AO INTERIOR E PERCORRENDO EVENTUALMENTE TODO O INTERIOR DO ASTRO.
- DA MESMA FORMA COMO O GEOFÍSICO ESTUDA O INTERIOR DA TERRA POR MEIO DA PROPAGAÇÃO DAS ONDAS GERADAS POR TERREMOTOS, OS HELIOSISMÓLOGOS ESTUDAM O INTERIOR SOLAR POR MEIO DESTAS ONDAS.

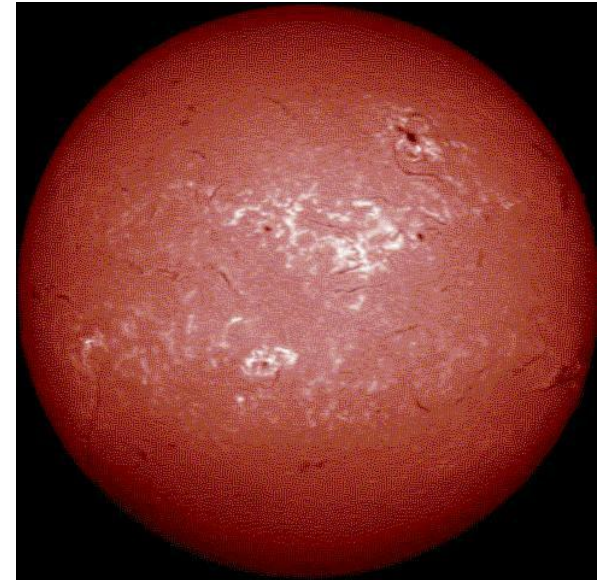
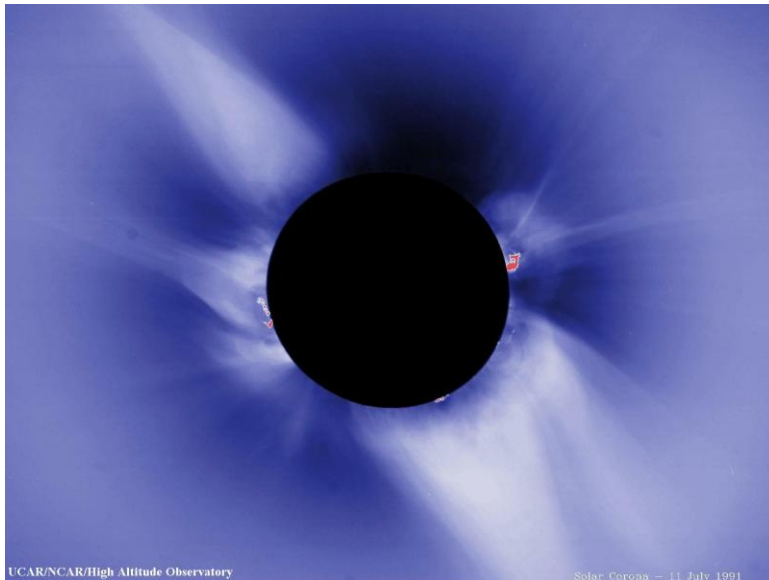


VELOCIDADE DE ROTAÇÃO NO INTERIOR DO SOL DETERMINADA POR HELIOSISMOLOGIA. AS REGIÕES EM VERMELHO SÃO MAIS RÁPIDAS E AS REGIÕES EM AZUL SÃO MAIS LENTAS.

AS VARIAÇÕES DO EQUADOR AO POLO, FACILMENTE VISÍVEIS NAS CAMADAS EXTERNAS, TENDEM A DESAPARECER AO SE ATINGIR A BASE DA ZONA DE CONVECÇÃO, MOSTRADA PELA LINHA PONTILHADA.

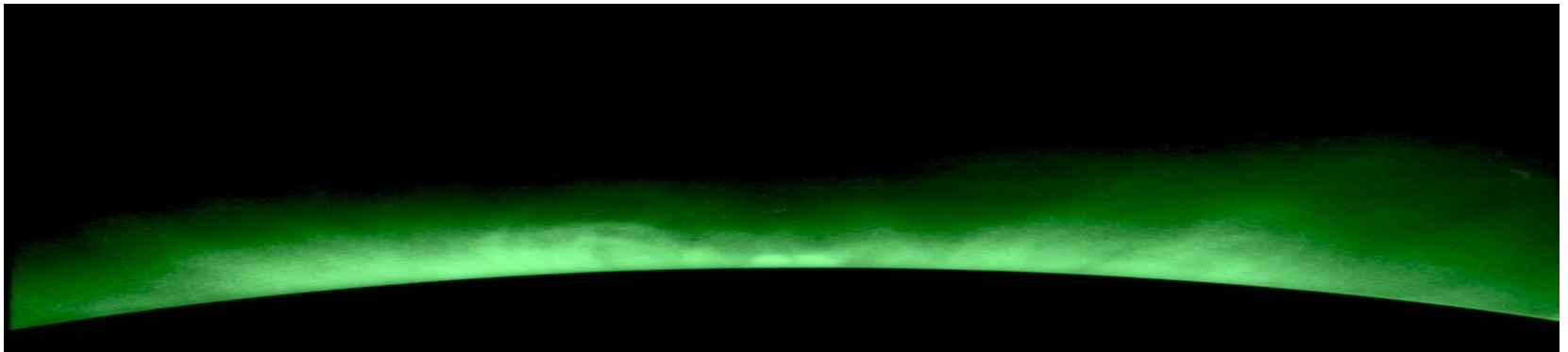
A CROMOSFERA

- A CROMOSFERA É UMA CAMADA IRREGULAR QUE FICA ACIMA DA FOTOSFERA. NESTA REGIÃO, A TEMPERATURA PASSA DE 6.000°C PARA 20.000°C . A ESTA TEMPERATURA, O HIDROGÊNIO EMITE UMA LUZ AVERMELHADA (EMIÇÃO H-ALFA).
- ESTA EMISSÃO PODE SER VISTA NAS PROEMINÊNCIAS, VISÍVEIS DURANTE OS ECLIPSES SOLARES TOTAIS. UTILIZANDO UM FILTRO ADEQUADO QUE ISOLE A EMISSÃO H-ALFA, PODE-SE VISUALIZAR NOVAS FEIÇÕES, COMO AS REDES CROSMOFÉRICAS DE ELEMENTOS DO CAMPO MAGNÉTICO, REGIÕES CLARAS AO REDOR DAS MANCHAS SOLARES, FILAMENTOS ESCUROS E PROEMINÊNCIAS NO LIMBO.



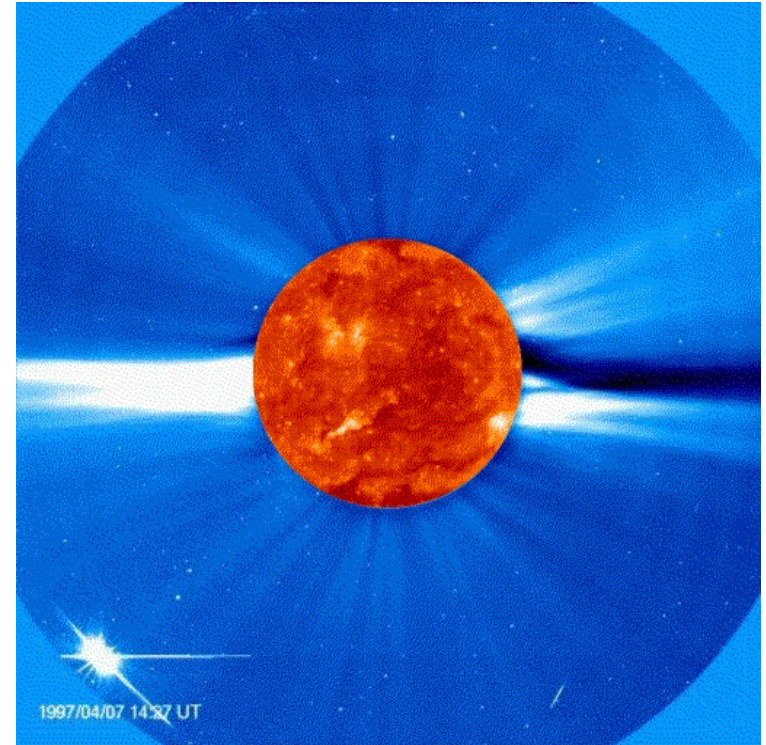
A COROA

- A COROA É A ATMOSFERA SUPERIOR DO SOL, VISÍVEL DURANTE OS ECLIPSES TOTAIS DO SOL COMO UMA AURÉOLA ESBRANQUIÇADA AO REDOR DA SUPERFÍCIE. NELA ENCONTRAM-SE DIVERSAS FEIÇÕES, COMO PLUMAS E 'LOOPS'.
- AS PRIMEIRAS OBSERVAÇÕES DO ESPECTRO VISÍVEL PROVENIENTE DA COROA REVELARAM LINHAS DE EMISSÃO EM COMPRIMENTOS DE ONDA QUE NÃO CORRESPONDIAM A NENHUM MATERIAL CONHECIDO, O QUE LEVOU OS ASTRÔNOMOS A PROPOREM A EXISTÊNCIA DE UM NOVO ELEMENTO, O "*CORONIUM*", COMO O PRINCIPAL GÁS EXISTENTE NESTA REGIÃO.
- ESTE MISTÉRIO PERDUROU ATÉ QUE SE DESCOBRIU QUE OS GASES DA CORONA ESTÃO SUPERAQUECIDOS A TEMPERATURAS MAIORES DO QUE $1.000.000^{\circ}\text{C}$. A ESTAS TEMPERATURAS, TANTO O H QUANTO O He SÃO COMPLETAMENTE DESPROVIDOS DE SEUS ELÉTRONS, REDUZIDOS SOMENTE A SEUS NÚCLEOS, E AS LINHAS ESPECTRAIS RESULTANTES GERAM O MISTERIOSO PADRÃO ATÉ ENTÃO DESCONHECIDO.



O VENTO SOLAR

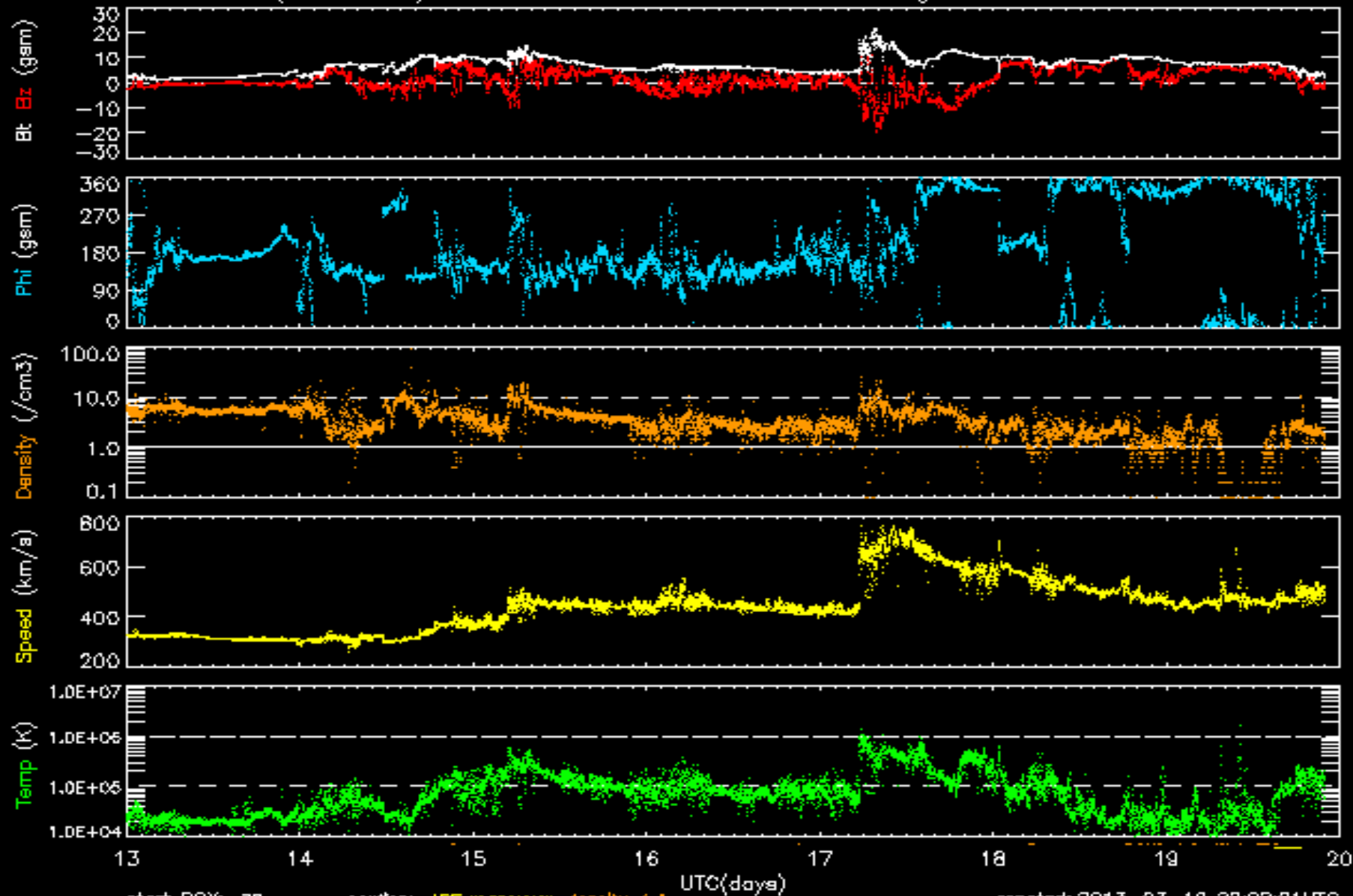
- O VENTO SOLAR EMANA DO SOL EM TODAS AS DIREÇÕES A VELOCIDADES DE 400 A 500 km/s ($\sim 1.000.000$ km/h), PROVENIENTE DA COROA. NESTA REGIÃO, A TEMPERATURA É TÃO ELEVADA, QUE A FORÇA DA GRAVIDADE NÃO É SUFICIENTE PARA “SEGURAR” AS PARTÍCULAS.
- POUCO SE SABE DOS MOTIVOS PELOS QUAIS OS GASES DA COROA ADQUIREM VELOCIDADES E TEMPERATURA TÃO ELEVADAS, E ESTE AINDA É UM DESAFIO NO ESTUDO DO SOL.
- NORMALMENTE AS TEMPERATURAS DECAEM À MEDIDA QUE NOS AFASTAMOS DA FONTE DE CALOR, MAS NESTA REGIÃO OCORRE O INVERSO, E NÃO SE CONSEGUIU AINDA CONSENSO SOBRE A CAUSA DESTE FENÔMENO.
- O ADVANCED COMPOSITION EXPLORER (ACE), LANÇADO EM 1998, SITUADO NO PONTO L1 (1,5 MILHÕES DE km DA TERRA, EM DIREÇÃO AO SOL), CARREGA DIVERSOS INSTRUMENTOS QUE FORNECEM INFORMAÇÕES DIVERSAS SOBRE O VENTO SOLAR EM TEMPO REAL.



"NUVEM MAGNÉTICA"
ACOMPANHANDO O VENTO
SOLAR DURANTE UMA
EJEÇÃO DE MASSA CORONAL

ACE RTSW (Estimated) MAG & SWE/PAM

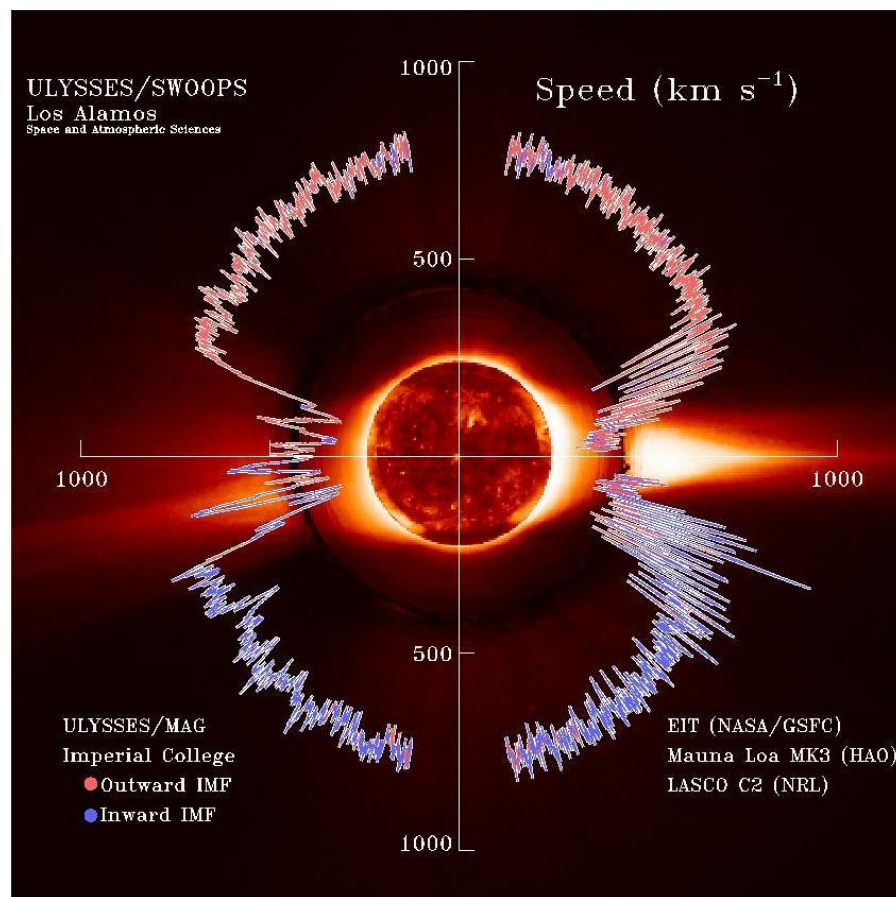
Begin: 2013-03-13 00:00:00UTC



PARÂMETROS DO VENTO SOLAR ENTRE 13 E 20 DE MARÇO DE 2013

A DISTRIBUIÇÃO DE VELOCIDADES DO VENTO SOLAR

- O VENTO SOLAR NÃO É UNIFORME, E SUA VELOCIDADE MUDA CONFORME A DIREÇÃO. EM SUA COMPOSIÇÃO SÃO ENCONTRADAS "NUVENS MAGNÉTICAS", "REGIÕES DE INTERAÇÃO" E VARIAÇÕES DE COMPOSIÇÃO.
- NOS BURACOS CORONAIS A VELOCIDADE DO VENTO SOLAR É MÁXIMA (800 km/s), AO PASSO QUE NOS "STREAMERS" ELA É MÍNIMA (300 km/s).
- ESTES "STREAMERS" PODEM SER VISTOS COMO "BOLHAS DE PARTÍCULAS" APRISIONADAS POR LINHAS DE CAMPO MAGNÉTICO, E A INTERAÇÃO DELES COM O CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE CAUSA PERTURBAÇÕES QUE PODEM SER SIGNIFICATIVAS, CHAMADAS DE TEMPESTADES MAGNETICAS.



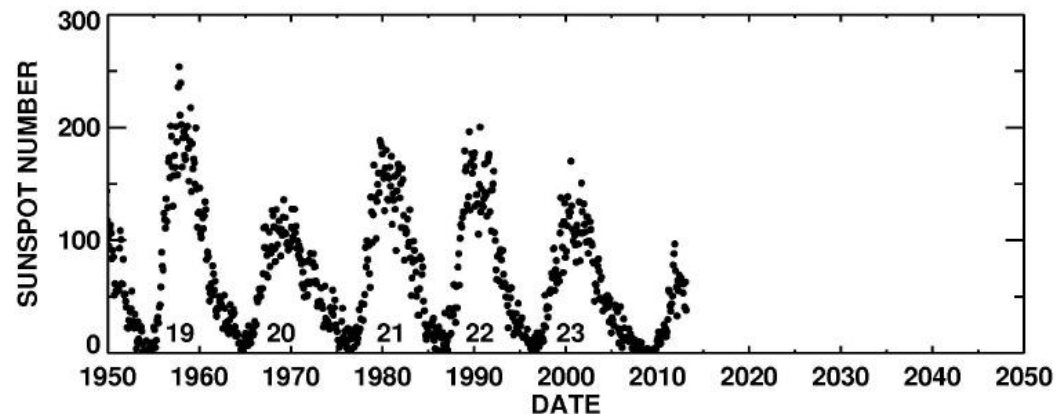
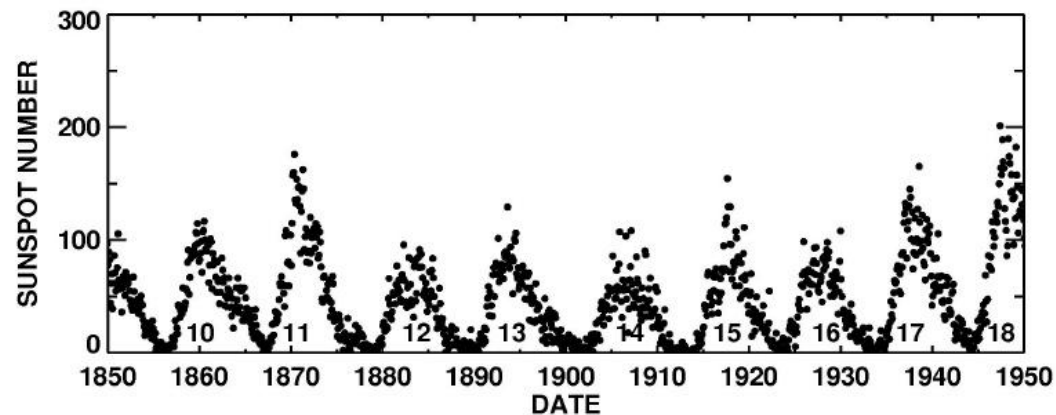
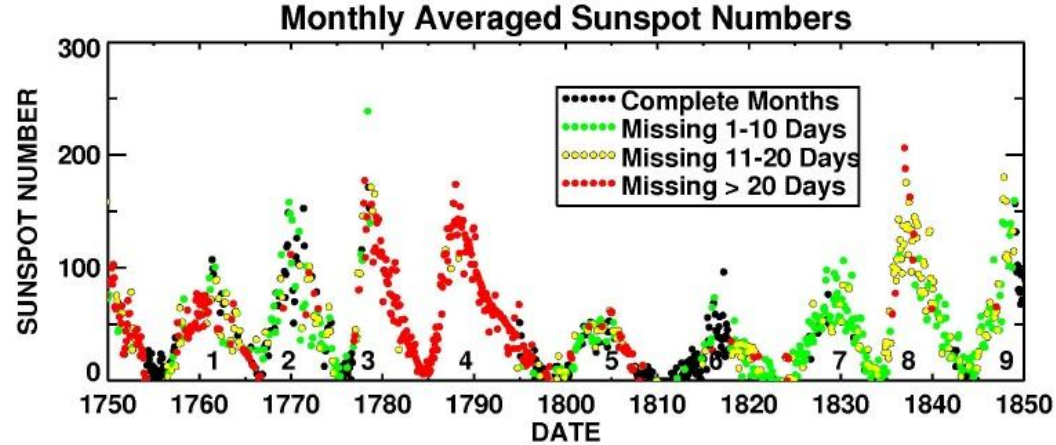
DISTRIBUIÇÃO DE VELOCIDADES DO VENTO SOLAR EM DIVERSAS REGIÕES DO SOL

O CICLO DE MANCHAS SOLARES

- OBSERVANDO O SOL COM SEU TELESCÓPIO, GALILEU GALILEI REALIZOU AS PRIMEIRAS OBSERVAÇÕES DE MANCHAS SOLARES, O QUE GEROU GRANDE CONTROVÉRSIA E PROBLEMAS PARA O CIENTISTA.

- A PARTIR DE 1849, O OBSERVATÓRIO DE ZURICH INICIOU UMA CAMPANHA DE OBSERVAÇÃO CONTÍNUA DESTAS ESTRUTURAS E USOU OBSERVAÇÕES ANTIGAS PARA COMPLETAR OS REGISTROS A PARTIR DE 1610.

- AS MÉDIAS MENSAIS DE NÚMERO DE MANCHAS SOLARES MOSTRA UM PADRÃO DE AUMENTO E DIMINUIÇÃO AO LONGO DE 11 ANOS.

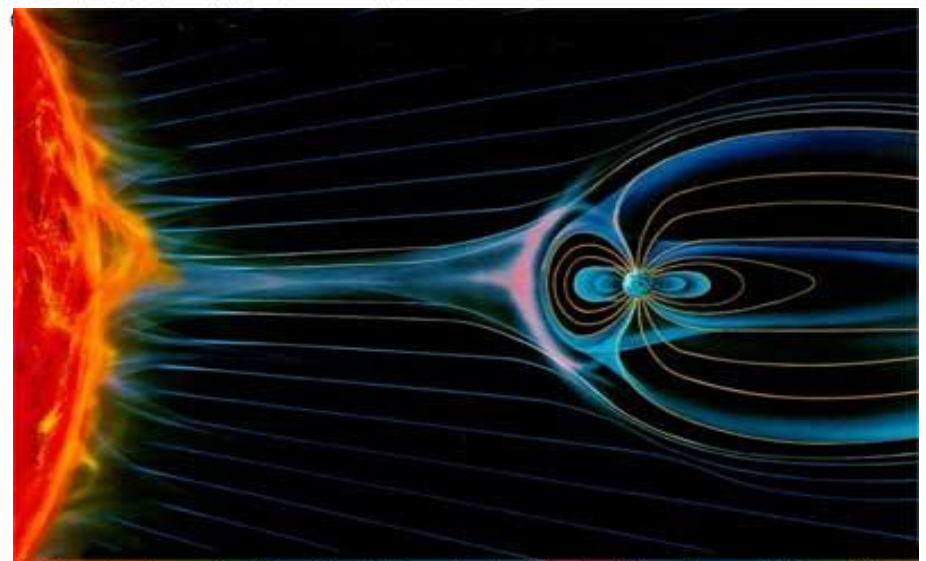
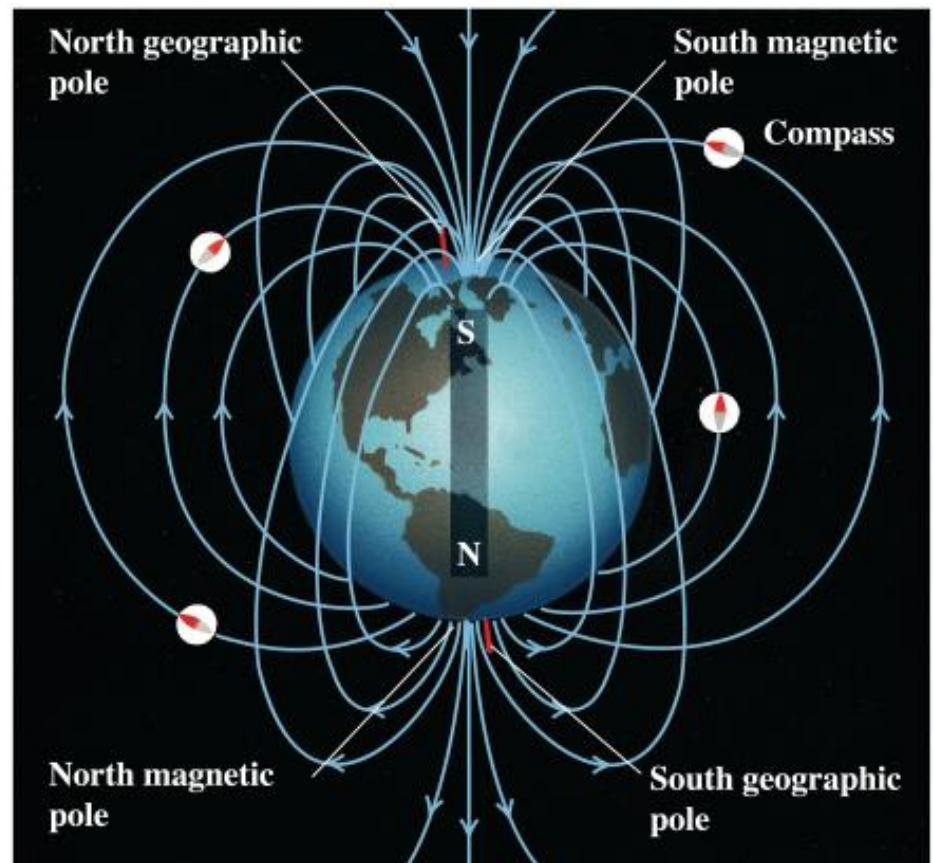


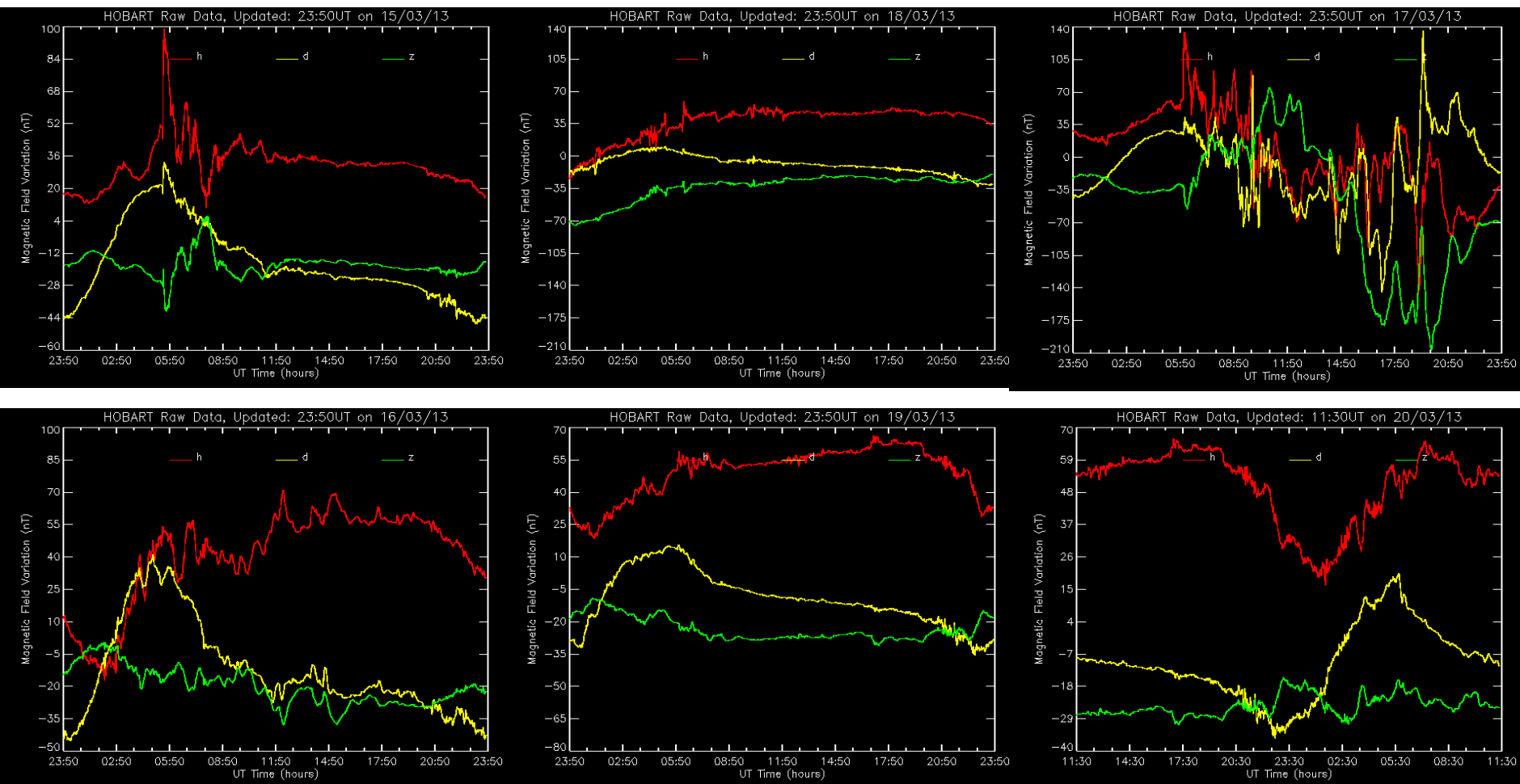
AS CONSEQUÊNCIAS NA TERRA

- O CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE É INFLUENCIADO PELO AMBIENTE EXTERIOR AO PLANETA, POIS PARTÍCULAS ENERGÉTICAS PROVENIENTES DO ESPAÇO INTERAGEM COM AS ALTAS CAMADAS DA ATMOSFERA E GERAM CAMPOS MAGNÉTICOS QUE SE SOBREPÕEM AO CAMPO MAGNÉTICO INTERNO, GERANDO PERTURBAÇÕES.

- NORMALMENTE ESTAS PERTURBAÇÕES SÃO PEQUENAS E GRADATIVAS AO LONGO DO PERÍODO DE UM DIA (VARIAÇÃO DIURNA), E PODEM SER MONITORADAS E MODELADAS, PERMITINDO A CORREÇÃO DE DADOS GEOFÍSICOS.

- EM OCASIÕES DE GRANDES PERTURBAÇÕES, PORÉM, ISSO NÃO É POSSÍVEL, E A COLETA DE ALGUNS DADOS GEOFÍSICOS PODE FICAR COMPROMETIDA.



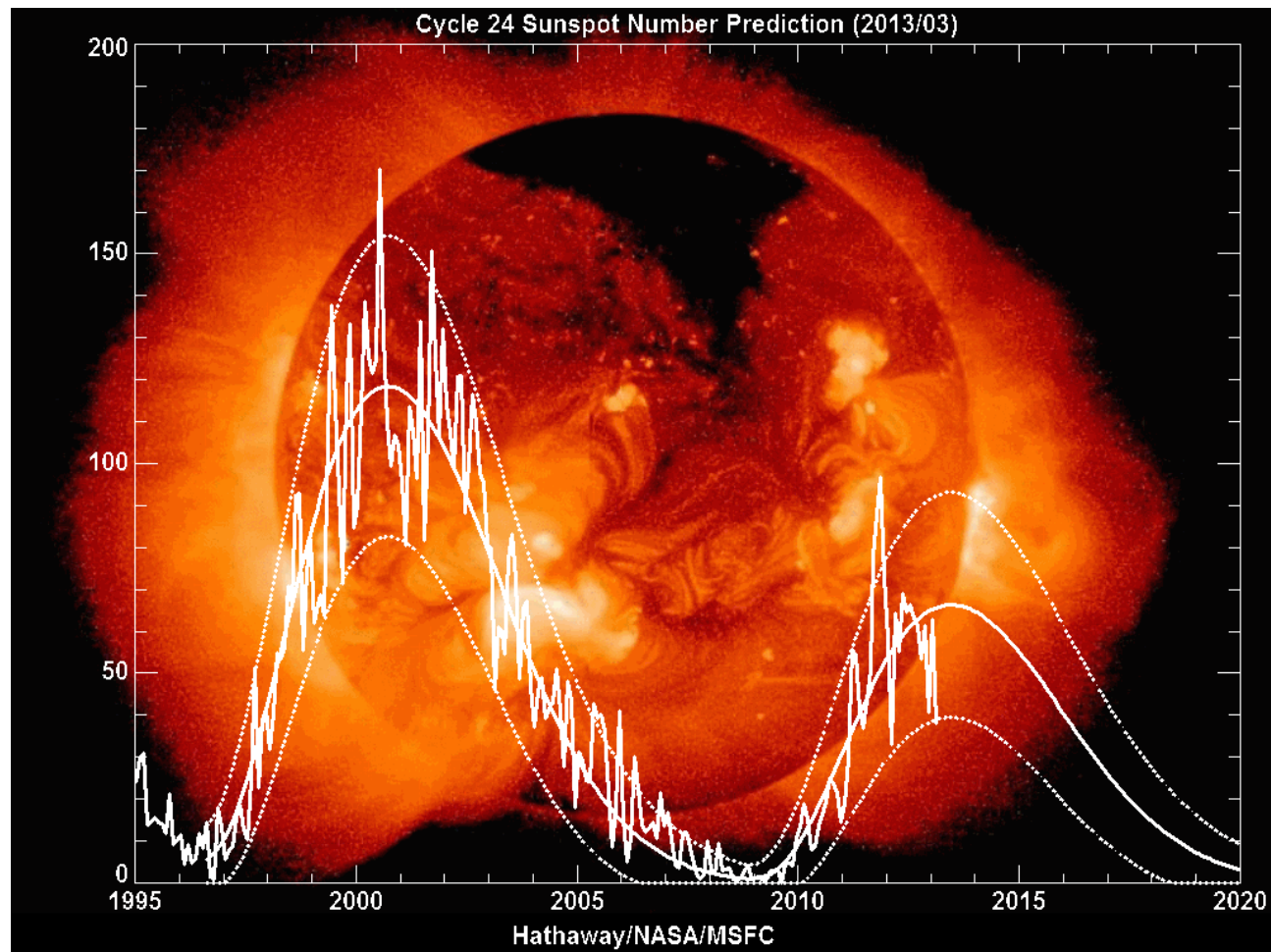


VARIAÇÕES DAS COMPONENTES DO CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE NA ESTAÇÃO MAGNÉTICA DE HOBART, TASMANIA, NO PERÍODO DE 15 A 20 DE MARÇO DE 2013. EM 17/03/2013 OS EFEITOS DA CME DE 15/03/2013 COMEÇARAM A SER SENTIDOS NA TERRA.



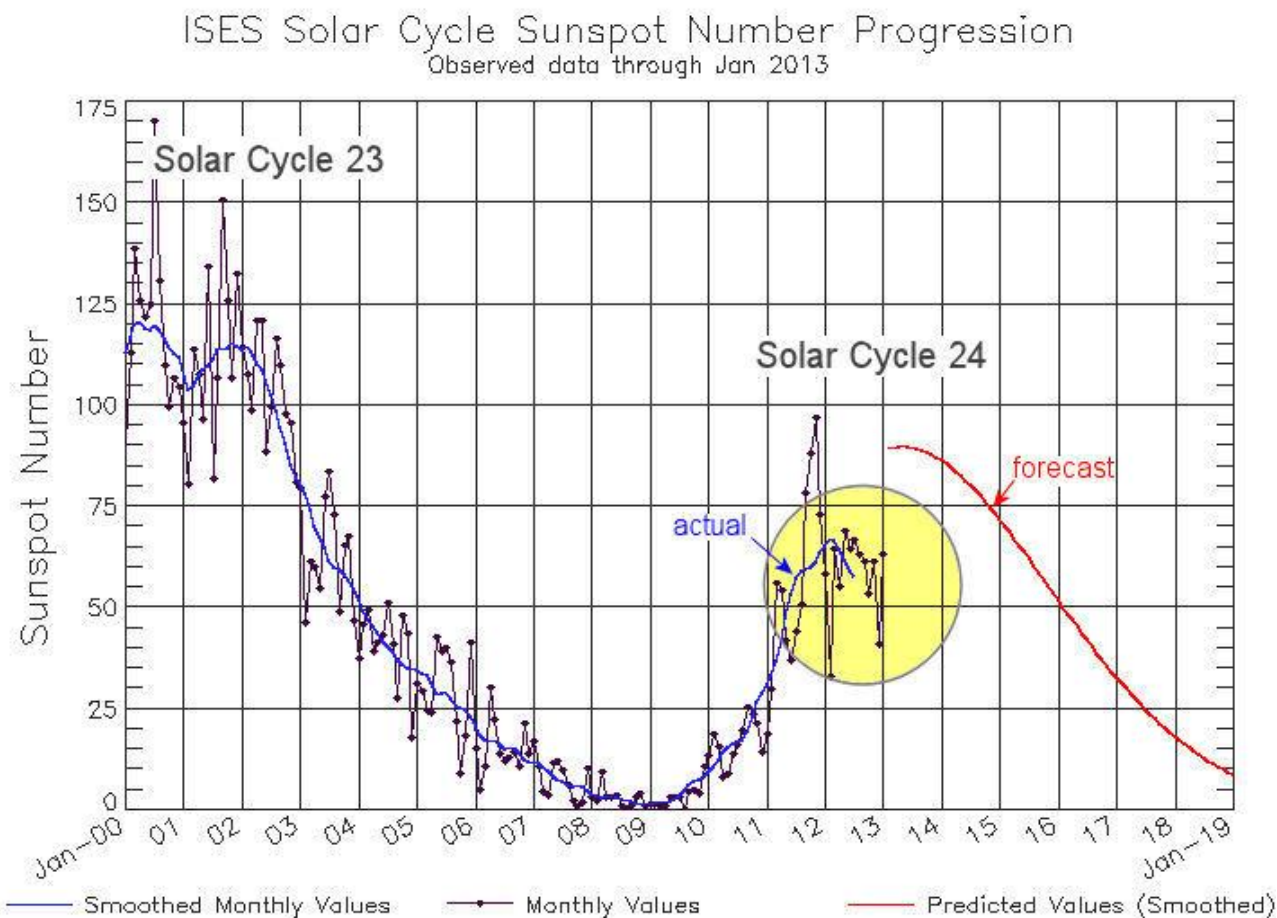
A PREVISÃO DO PRÓXIMO CICLO DE MANCHAS SOLARES

- VÁRIAS TÉCNICAS INTEGRADAS PERMITEM PREVER O COMPORTAMENTO DO CICLO DE MANCHAS SOLARES PARA OS ANOS SEGUINTE. A PREVISÃO OFICIAL PARA O CICLO ATUAL (24) MOSTRA UMA ATIVIDADE MENOR DO QUE A ANTERIOR, E ESPERA-SE A PRESENÇA DE EPISÓDIOS ISOLADOS AO REDOR DA MÉDIA.

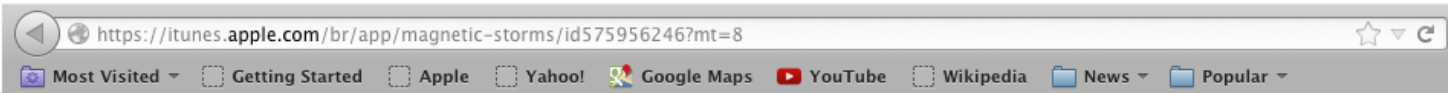


UM PICO, DOIS PICOS, TRÊS PICOS...

- A PROGRESSÃO DO NÚMERO DE MANCHAS SOLARES PARA O CICLO ATUAL MOSTRA UM CENÁRIO DIFERENTE DO ESPERADO, E ALGUNS CIENTISTAS PROPÕEM QUE DEVEMOS TER DOIS PICOS, E NÃO UM MÁXIMO ISOLADO. ISSO SIGNIFICA QUE AS FLUTUAÇÕES NA ATIVIDADE SOLAR DEVEM PERSISTIR AO LONGO DE 2013 E 2014, CASO ESTA IDEIA ESTEJA CORRETA.



APPSTORE.COM/MAGNETICSTORMS



Tempestades Magnéticas

De Andre Molina

Abra o iTunes para comprar e baixar apps.

[Ver mais deste desenvolvedor](#)



[Ver no iTunes](#)

Grátis

Categoria: [Utilidades](#)

Lançado: 11/11/2012

Versão: 1.0

Tamanho: 9.1 MB

Idioma: Inglês

Vendedor: Andre Molina

© 2012 Mike Bm10

[Classificação +4](#)

Requisitos: Compatível com iPhone, iPod touch e iPad.
Requer o iOS 4.3 ou posterior.
Este app está otimizado para iPhone 5

Avaliações de clientes

Versão atual:
★★★★★ 6 avaliações

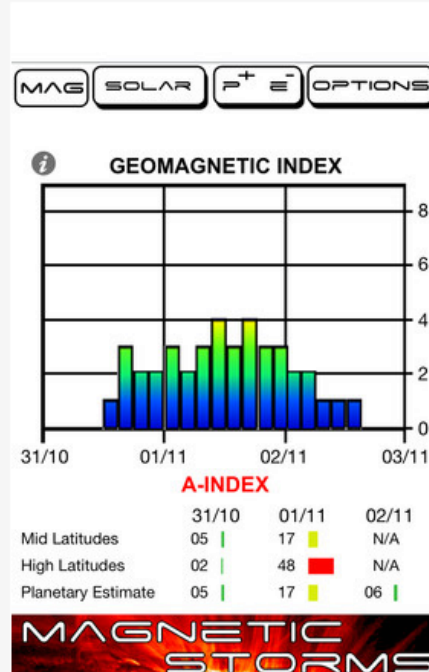
Mais apps para iPhone de Andre Molina

Descrição

O aplicativo Magnetic Storms foi desenvolvido para permitir o monitoramento do campo magnético terrestre em tempo real, utilizando os dados dos satélites GOES que monitoram constantemente a atividade solar. Os três parâmetros principais apresentados são o Índice Kp, as erupções solares e o fluxo de prótons e elétrons. Com estas informações é possível prever mudanças súbitas no campo magnético e a ocorrência de auroras com até dois dias de antecedência.

[Site para Andre Molina](#) ▶ [Suporte para Tempestades Magnéticas](#) ▶

Captura de tela do iPhone

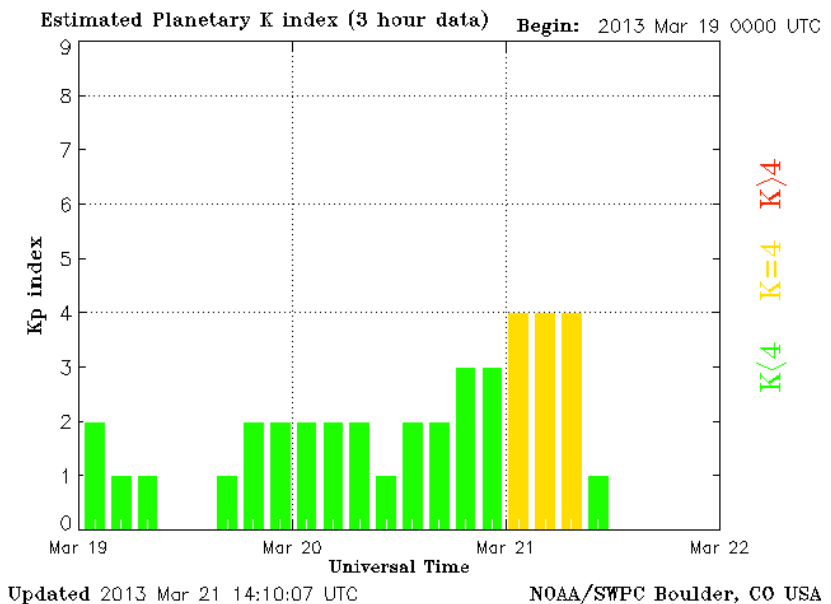
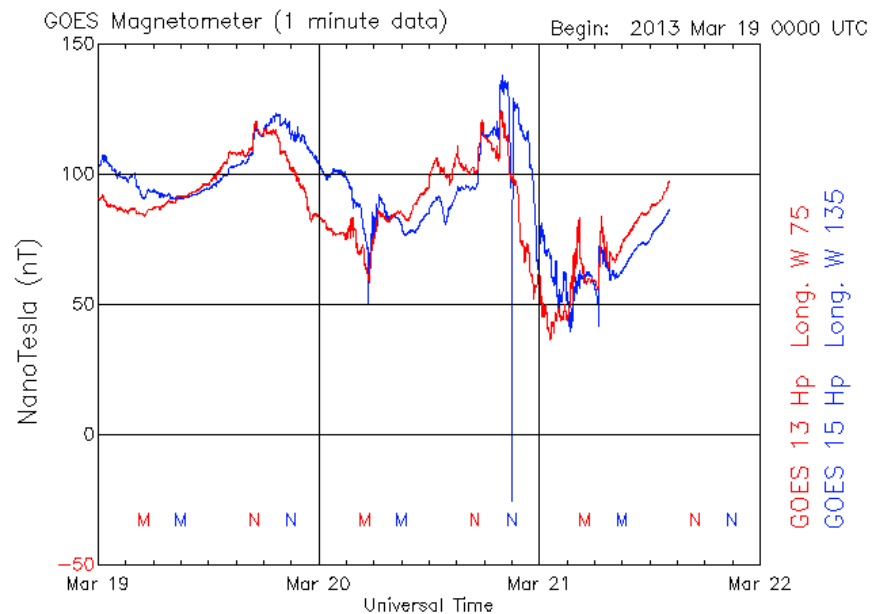
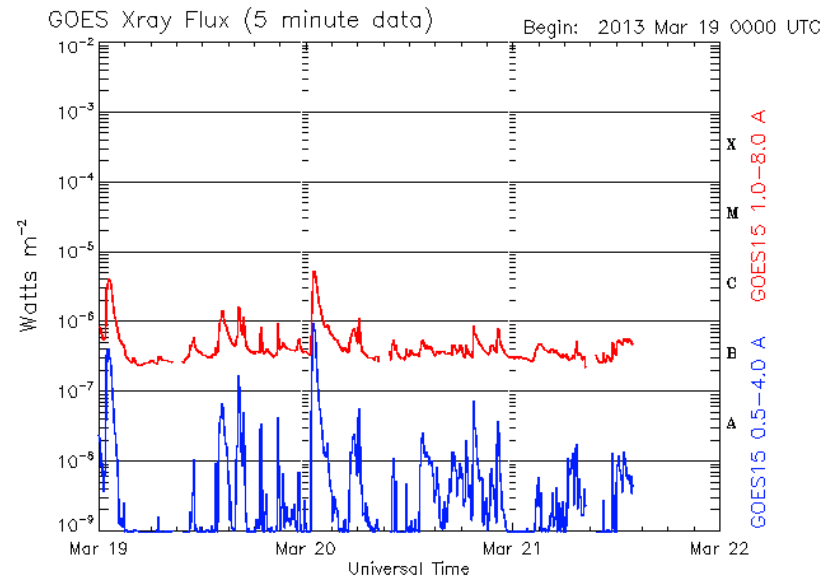
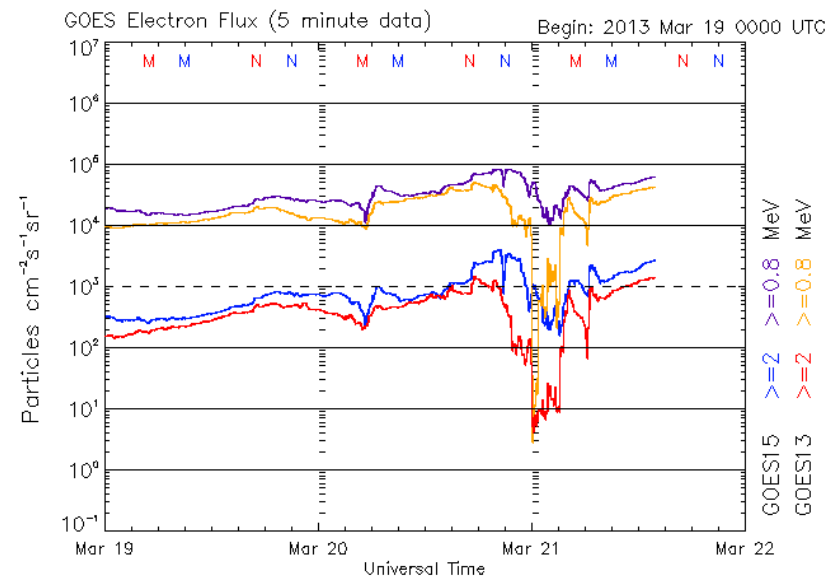


Entrevista de domingo: App brasileiro monitora as atividades solares

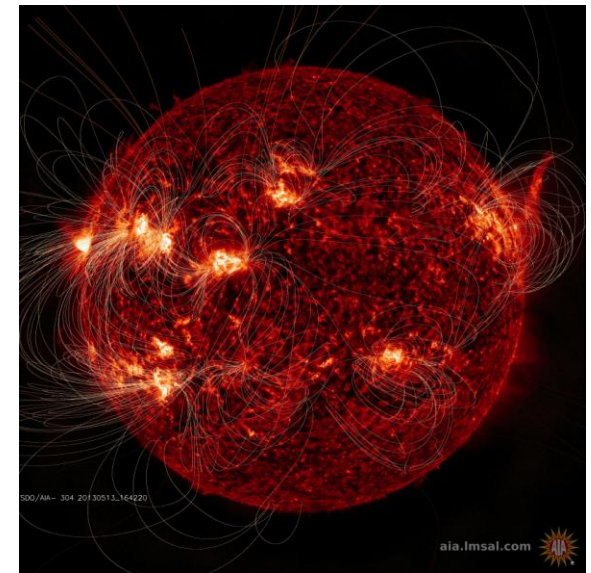
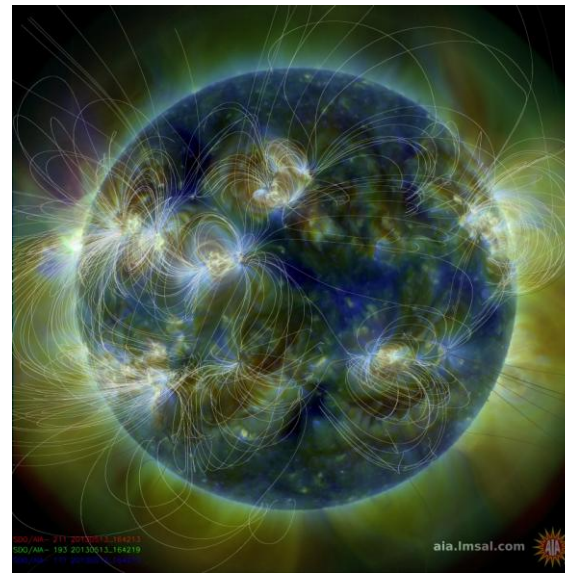
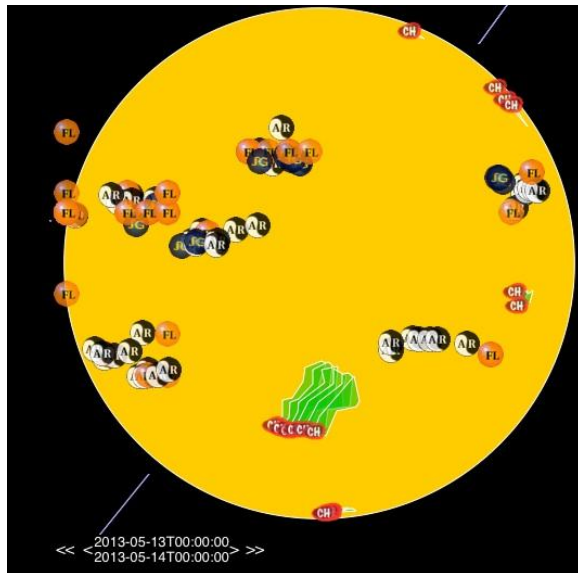
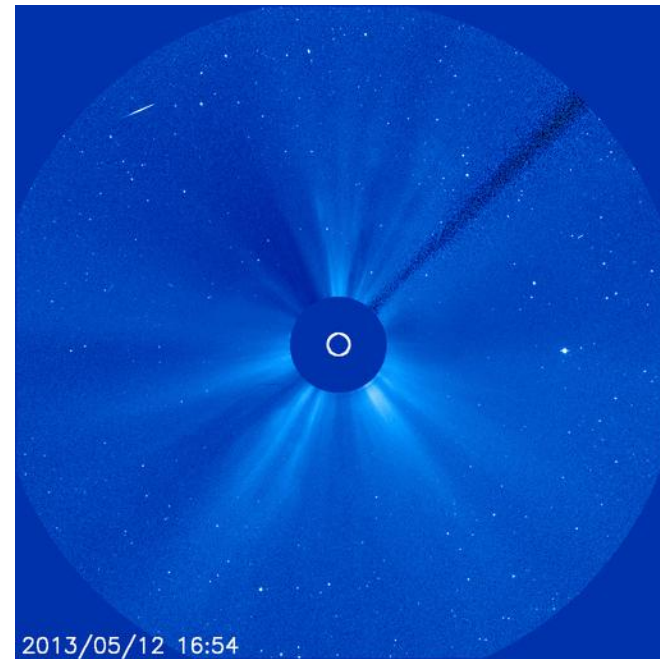
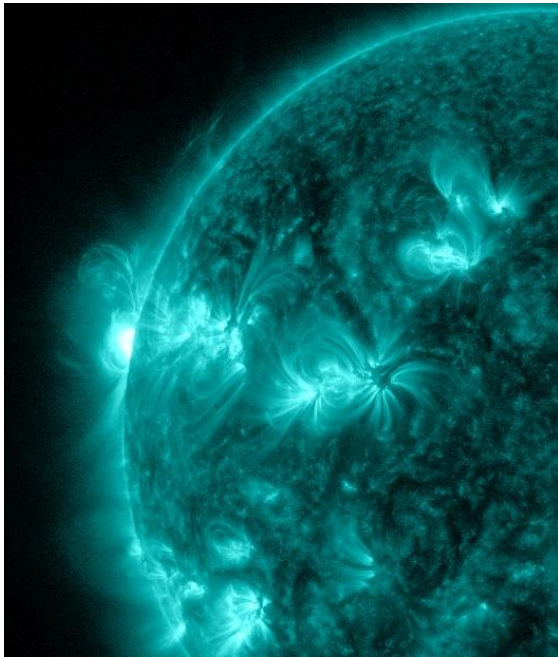
Por Vanessa Daraya, de INFO Online • Domingo, 17 de março de 2013 - 11h13

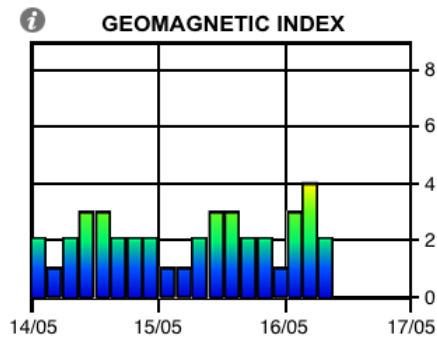
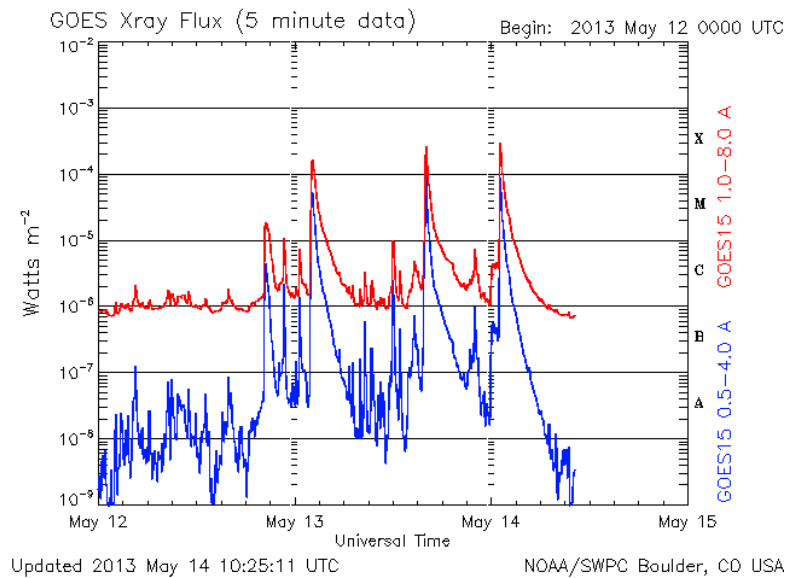


André Molina (esquerda) e Eder Cassola Molina: eles criaram um app para ajudar a monitorar a atividade solar



É O FIM!!! ARREPENDA-SE!!!!

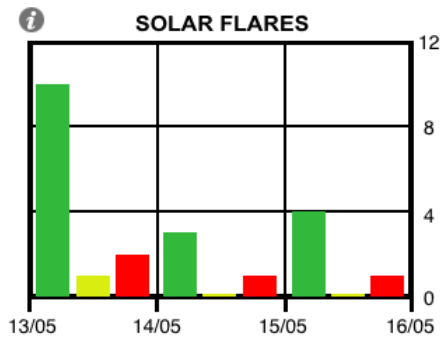




A-INDEX

	14/05	15/05	16/05
Mid Latitudes	07	10	N/A
High Latitudes	22	10	N/A
Planetary Estimate	08	09	15

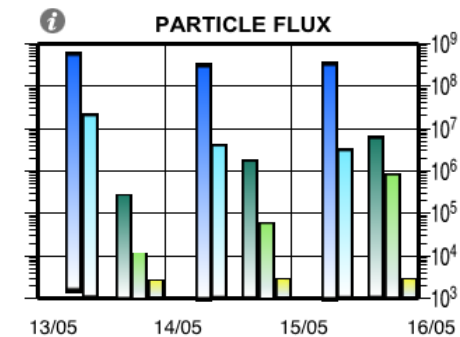
MAGNETIC STORMS



NUMBER OF SPOTS IN X-RAY

Class-C (low intensity)	
Class-M (moderate intensity)	
Class-X (high intensity)	

MAGNETIC STORMS



PROTONS AND ELECTRONS FLUX

	electrons with energy > 0.8 MeV
	electrons with energy > 2.0 MeV
	protons with energy > 1.0 MeV
	protons with energy > 10.0 MeV
	protons with energy > 100.0 MeV

MAGNETIC STORMS

É O FIM!!! ARREPENDA-SE!!!! ☺

O CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE E A ATIVIDADE SOLAR



APLICAÇÕES E IMPLICAÇÕES

EDER CASSOLA MOLINA – eder@iag.usp.br

DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA – IAG-USP