

Faculdades Integradas Espírita - FIES - Instituto de Aeronáutica e Espaço - IAE

Campus de Pesquisas Geofísicas Major Edsel de Freitas Coutinho

Curso de Física ênfase Astronomia

UMA PEQUENA DESCRIÇÃO SOBRE A MASSA CORONAL EJETADA

ÂNGELO ANTÔNIO LEITHOLD

2007



O ciclo solar, também conhecido como ciclo solar de Schwabe mostra a atividade do Sol em intervalos de aproximadamente 11 anos. A observação do Sol em todos os comprimentos de onda pode ser considerada de fundamental importância para a compreensão do cosmos, ou seja, é o primeiro passo em direção ao espaço. Seu estudo possibilita a busca o conhecimento das teorias necessárias para entender os fenômenos e suas causas, inclusive além do Sistema Solar. O Sol pode ser visto como um grande "reator nuclear", neste, cerca de 600 milhões de toneladas de Hidrogênio são transformadas em 596 milhões de toneladas de Hélio. Os 4 milhões de toneladas restantes são "energia", e, a maior parte luminosa.

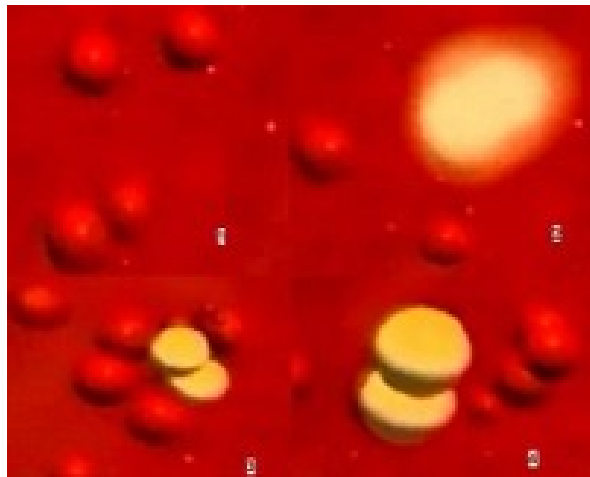


Figura 1: Fusão nuclear (Fonte NASA)

Após as reações temonucleares no núcleo, a energia leva cerca de um milhão de anos para chegar à superfície. Aquelas ocorrem numa temperatura de 15.000.000 K, a pressão é em torno de 340 bilhões de atmosferas terrestres. Na reação de fusão nuclear, o Sol transforma quatro prótons ou núcleos de hidrogênio numa partícula alfa (Figura 1) . O núcleo do átomo do He é 0.7 por cento menos massivo que os quatro prótons. Assim, ao longo do tempo, o Sol ficará cada vez mais "leve". A massa expelida em forma de energia a partir do núcleo do Sol vai para a superfície por convecção. Chegando na fotosfera é liberada em forma de luz, calor e outros tipos de energia eletromagnética em diversos comprimentos de ondas, além de partículas que ainda estão sendo descobertas, dentre estas, o Neutrino.

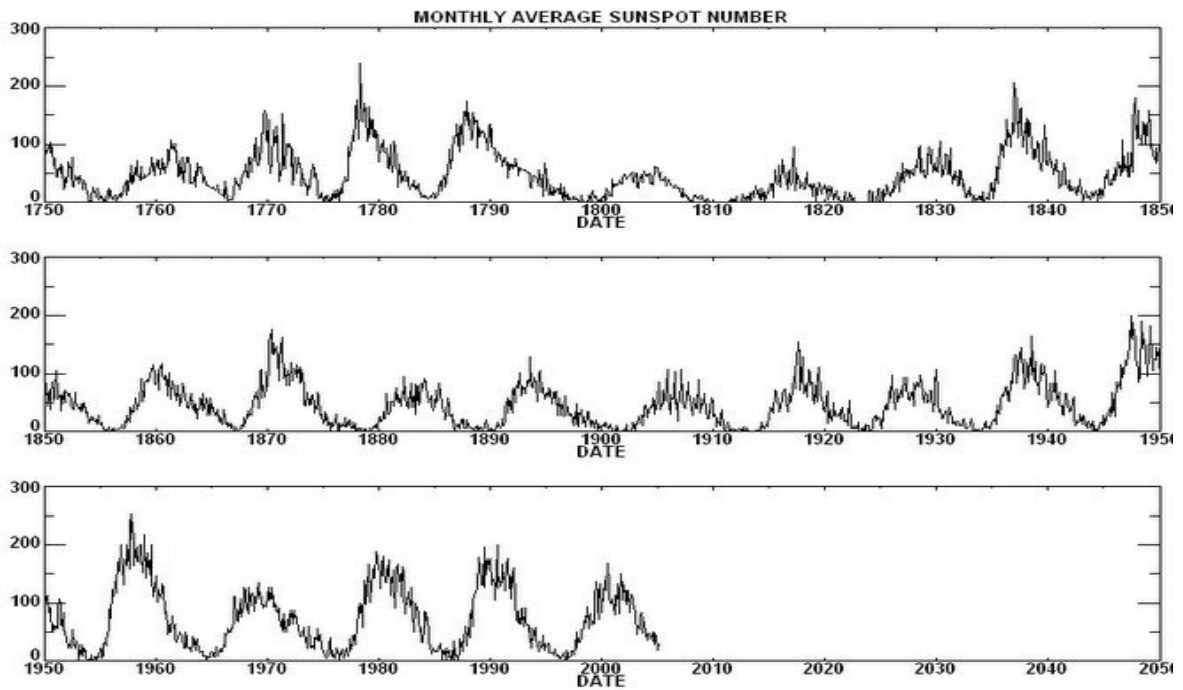


Figura 2: Ciclo solar (Fonte: Zurich sunspot number since: 1750)

Existem períodos de aumento e redução de atividade no Astro Rei, nas figuras 2 e 3 nota-se a diferença entre o período de alta atividade (Nos extremos do círculo figura 3) e baixa atividade (No meio do perímetro, figura 3). Nos períodos mais ativos o Sol está bem mais "corrugado", pois emite mais energia. No período "calmo" sua superfície é mais "lisa".

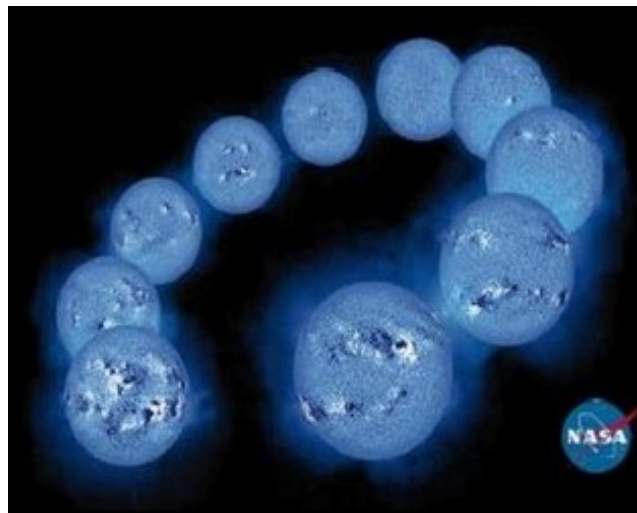


Figura 3: Ciclo completo de atividade solar (Fonte: NASA)

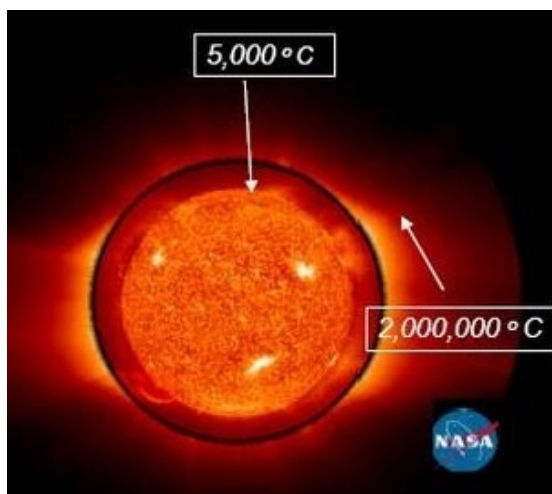


Figura 4: Temperaturas da Coroa e da Fotosfera (Fonte:NASA)

Na fotosfera ou superfície, a temperatura é em torno de 5.000 K ou mais, na região da coroa a temperatura é em torno de 2.000.000 K (Figura 4), algumas publicações citam temperaturas da ordem de 3.000.000 K.

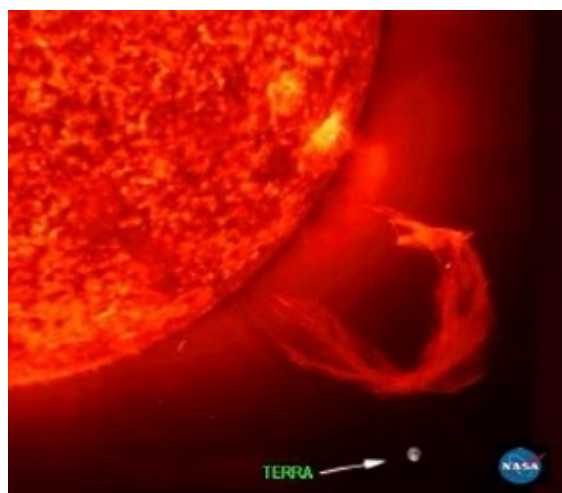


Figura 5: Comparação tamanho da Terra com uma explosão solar (Cortesia NASA)

Nos períodos de maior atividade, as explosões solares ejetam plasma em grande quantidade. O tamanho das ejeções de partículas podem chegar a treze vezes o tamanho da Terra (Figura 5). A ejeção de massa em direção ao Sistema Solar pode chegar a 1,6 milhão km/h. O vento solar retira gases dos planetas, sopra poeira meteórica e influi na direção dos raios cósmicos de origem galáctica. Interagindo com o campo magnético terrestre, é causador das tempestades geomagnéticas. As erupções podem ser causadas por mudanças repentinas no campo magnético do Sol. A atividade na superfície gera altos níveis de

radiação, esta pode ser emanada na forma de partículas ou radiação eletromagnética. Quando a energia armazenada pelos campos magnéticos acima das manchas solares consegue rompê-los, ocorre uma explosão que produz um pulso eletromagnético, este abrange desde frequências tão baixas que podem ser consideradas como um forte pulso de corrente contínua, até ondas de rádio quilométricas. Além dos pulsos ocorrem portadoras (Ruído branco) em diversos comprimentos de ondas. No espectro eletromagnético na faixa da radiofrequência chega, inclusive na casa dos GHz. Também ocorre na região de luz visível, infra-vermelha e ultra-violeta. Os raios-X e raios gama também têm aumentada sua emissão ao ocorrer eventos de ejeção de massa coronal.

O desencadeamento de uma explosão solar ocorre no momento em que os gases provindos do interior, emergem para superfície e são lançados na coroa solar, lá atingem temperaturas de mais de 1,5 milhões K, ocorre a formação de "bolhas" de gases ionizados, estes formam "arcos" ( chamados "anéis coronais"), a massa destas ejeções chega a exceder a 10 bilhões de toneladas. Usando uma comparação grosseira, pode-se imaginar como se fossem fios elásticos que perdem a aceleração à medida em que se distanciam. Parte da energia calorífica é perdida, pois é emanada para o espaço. Os anéis que não se rompem, Também em forma de linhas, ao perder energia se contraem e a densidade aumenta, assim são atraídos de volta, formando a imagem de um arco. No processo, a velocidade é em torno de 100 quilômetros por segundo.

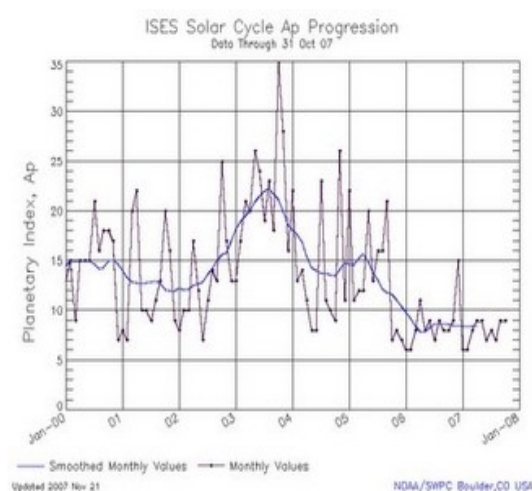


Figura 6: Ciclo Solar NOAA/SWPC (Fonte: NOAA/SWPC Boulder CO USA)

Dependendo da velocidade e da energia acumulada, a atração gravitacional não propicia um fechamento completo da bolha, esta se rompe e ejeta uma parte da sua

massa. Esta é a "ejeção de massa coronal". É composta de partículas de altas energias, que lançadas ao espaço, se tiverem energia cinética suficiente, não serão tão logo recapturadas pelo Sol. A composição do material ejetado é basicamente plasma, Nêutrons, elétrons e outros tipos de partículas, cuja velocidade chega a 450 km por segundo. Quando a Massa Coronal (CME) chega às cercanias dos cinturões de radiação de Van Allen, que circundam a Terra, grande parte é capturada e fica presa na magnetosfera. Uma pequena parte da CME ainda pode chegar à ionosfera, podendo causar inclusive tempestades geomagnéticas. As explosões solares emanam grandes quantidades de radiação, dentre estas, se dá especial atenção aos raios-X, acordo com o seu brilho num intervalo de comprimento de onda entre 1 a 8 Ångstroms, se classificam as erupções em três categorias:

"Erupções classe X": Em geral causam uma série de mudanças na ionosfera da Terra, podem gerar correntes parasitas tanto na ionosfera quanto correntes espelhadas no manto ígneo, geram interferências eletromagnéticas, aumentam os índices de corrosão em estruturas metálicas na superfície, causam a absorção de radiofrequência na camada D da Ionosfera, fecham a propagação das ondas de rádio em todo o planeta e produzem tempestades de radiação de longa duração, geram grandes problemas em espaçonaves e equipamentos embarcados, causam risco de saúde em astronautas pilotos e passageiros de aeronaves, causam envelhecimento precoce em instrumentos eletrônicos embarcados, danificam satélites, interrompem as comunicações por satélite, geram interferências e erros nos mais diversos sistemas de proteção e controle eletrônicos.

"Erupções classe M": são de intensidade média, causam aumento da absorção das ondas de RF na camada D da ionosfera, fecham a propagação de RF com menor intensidade do que as erupções X, geram fenômenos luminosos nas regiões dos pólos, geram defeitos em equipamentos embarcados em satélites.

"Erupções classe C": são erupções emitem pouca energia e CME's, em geral não chegam a afetar a Terra, contudo causam problemas em equipamentos embarcados em espaçonaves, causam envelhecimento em painéis solares e interferências nas comunicações em alta frequência em satélites.

## Referências

Andrews, M. D., *A search for CMEs associated with big flares*, in *Solar Physics*, 218, pp 261–279, 2003

Vourlidas, A., Wu, S.T., Wang, A. H., Subramanian, P., Howard, R. A. "Direct Detection of a Coronal Mass Ejection-Associated Shock in Large Angle and Spectrometric Coronagraph Experiment White-Light Images" in the "*Astrophysical Journal*", 598, 2, 1392–1402, 2003

Manchester, W. B., IV, T. I. Gombosi, D. L. De Zeeuw, I. V. Sokolov, ;, Roussev I., I., K. G. Powell, J. Kóta, G. Tóth, and T. H. Zurbuchen (2005). [Coronal Mass Ejection Shock and Sheath Structures Relevant to Particle Acceleration](#). *The Astrophysical Journal*, Volume 622, Issue 2, pp. 1225–1239. 622 2: 1225–1239.

[Spacecraft go to film Sun in 3D](#) *BBC news*, 2006-10-26

[R.A.Howard, A Historical Perspective on Coronal Mass Ejections](#)  
[Obit with brief bio for Dr. Brueckner](#)

Natchimuthukonar Gopalswamy, Richard Mewaldt, Jarmo Torsti, Editors, *Solar Eruptions and Energetic Particles*, Am. Geophys. Union Geophys. Monograph Series Vol 165, [ISBN 0-87590-430-0](#), 2006.

