

**Faculdade de Tecnologia**

**Universidade Estadual de Campinas**

**Aplicação do AGNES para dados de explosões solares**

**Projeto de Iniciação Científica**

**Aluno (a):** Jéssica de Farias Pereira

**Orientador (a):** Profª. Dra. Ana Estela Antunes da Silva

**Coorientador (a):** Prof. Dr. Guilherme Palermo Coelho

# Resumo

**Palavras-chave:** Agrupamento Hierárquico, AGENS, Atividade solar, Explosões solares.

Sumário

[Resumo 1](#_Toc464058917)

[Introdução e Justificativa 3](#_Toc464058918)

[Referências 9](#_Toc464058919)

**LEGENDA:**

Vermelho: Redundante (acho que nao tem ncessidade de colocar porque já tem coisas parecidas no texto)

Verde: Dei um jeito de enfiar no texto, mas tá sem a referência

Amarelo: Dá uma olhada aí, Acho que tá meio mais ou menos

Roxo: Não entendi, mas acho que também é redundante

Azul: Nem li

# Introdução e Justificativa

O Sol apresenta comportamentos característicos que compõem ciclos de aproximadamente onze anos e sua atividade interfere diretamente na vida na Terra e no clima espacial do nosso sistema solar. Estes ciclos são compostos por fenômemos como o vento solar, que é a expansão da atmosfera do Sol através de um fluxo de elétrons, prótons e outras partículas atômicas que viajam por todo o sistema solar a alta velocidade; a emissão da massa coronal (EMC), que ocorre quando a corona, camada mais exterior do Sol, expele seu próprio material solar e campo magnético produzindo tempestades geomagnéticas (Youssef, 2012); e as explosões solares, são erupções que ocorrem na camada mais baixa da corona e que lançam partículas carregadas que viajam através do campo magnético, liberando radiação de ondas de raios X e raios Gama, e ocorre em regiões de campo magnéticos concentrados como manchas solares. (Gurman, 2013)/(<http://www.thesuntoday.org/the-sun/solar-activity/>).

Estes fenômenos, denominados atividade solar, quando ocorrem em maiores proporções que o habitual, definem picos do ciclo solar conhecidos como máximo solar - que caracterizam o final do ciclo de onze anos. Após alguns anos de alta atividade, o Sol desacelera e permanece em baixa atividade, chamado mínimo solar – caracterizando o início de um novo ciclo. Este padrão é chamado de “ciclo de manchas solares”, “ciclo solar” ou “ciclo de atividade”. (<http://www.thesuntoday.org/the-sun/solar-activity/>)

/\*

O Sol apresenta comportamentos característicos durante ciclos de aproximadamente 11 anos. Essas características envolvem diversos fatores que interferem diretamente na Terra, e no clima espacial do nosso sistema solar. Tais fatores, denominados de atividade solar, quando ocorrem em maiores proporções que o habitual, definem picos do ciclo solar conhecidos como máximo solar. Então, depois de alguns anos de alta atividade, o Sol desacelera e permanece em baixa atividade, ou mínimo solar. Este padrão é chamado de “ciclo de manchas solares”, “ciclo solar” ou “ciclo de atividade” (YOUNG, 2010).

A atividade solar pode ser caracterizada pelo: vento solar, que é a expansão da atmosfera do Sol através de um fluxo de elétrons, prótons e outras partículas atômicas que viajam por todo o sistema solar a alta velocidade; a emissão da massa coronal (EMC), que ocorre quando a corona, camada mais exterior do Sol, expele seu próprio material solar e campo magnético produzindo tempestades geomagnéticas (Youssef, 2012); e as explosões solares, que é a liberação de energia magnética na forma de radiação de ondas de raios X e raios gama, e ocorre em regiões de campo magnéticos concentrados como manchas solares. (Gurman, 2013)/(<http://www.thesuntoday.org/the-sun/solar-activity/>).

\*/

Nos períodos de máximo solar, a atividade solar se torna mais intensa, podendo afetar nossas atividades diárias (Colak, T.; Qahwaji, R., 2009). Os efeitos dos fenômenos do Sol na Terra podem interferir nos sistemas tecnológicos e na vida de toda a sociedade.

As erupções solares podem alterar temporariamente a atmosfera superior do nosso planeta, criando rupturas de transmissão de sinal, como telefonia móvel, satélites, dispositivos de posicionamento geográfico global (GPS) e outros sistemas tecnológicos que fazem transmissão a partir de comprimento de onda (<https://www.nasa.gov/mission_pages/sunearth/news/flare-impacts.html#.V_5BueArLIU>). Essa interferência é causada pelo aumento do fluxo solar de radiação eletromagnética, que permite a formação de elétrons livres, causando distúrbios na ionosfera (IMPACTO DE EXPLOSÕES SOLARES IONOSFERA GPS ... MARCELO TOMIO MATSUOKA).

Os efeitos das erupções solares podem levar a interrupções, degradação e, na pior das hipóteses, indisponibilidade em sinais de navegação e comunicações. Já a emissão de massa coronal, além de ser a responsável pela aurora boreal (através da reação das partículas de fluxo magnético com o oxigênio e nitrogênio), suas mudanças magnéticas podem criar correntes elétricas em redes de serviços que podem sobrecarregar sistemas elétricos aqui na Terra (<http://www.nasa.gov/content/goddard/the-difference-between-flares-and-cmes>).

Em março de 1989, houve um apagão de energia elétrica na província de Quebec, Canadá, causado por uma tempestade solar, gerada a partir de uma EMC. A província ficou cerca de 12 horas sem energia elétrica, e houve falhas nos sistemas de comunicação por todo o planeta (<http://www.nasa.gov/topics/earth/features/sun_darkness.html>).

Além das variações nos sistemas tecnológicos, animais e seres humanos podem ser afetados pela atividade solar. Estatísticas médicas da Academia Médica de Sechenov Moscou mostraram que as micro variações causadas pelas atividades geomagnéticas são responsáveis pela desestabilização dos batimentos cardíacos perturbando o sistema cardiovascular (<http://www.spacedaily.com/reports/Magnetic_Storms_Affect_Humans_As_Well_As_Telecommunications.html>).

A emissão de massa coronal é uma das atividades solares mais raras e mais nocivas. Entretanto, há uma forte relação entre as explosões solares, que são mais frequentes, e as EMC. Em 67% dos casos, a EMC estava associada a uma erupção solar que ocorreu dentro de um intervalo de 15-30 min de antecedência (Youssef, 2012).

Dessa forma, o estudo dessas variações da atividade solar se faz totalmente justificável (Solar wind and geomagnetic activity) E. Costa Jr.), pois em seus picos da atividade, o Sol apresenta características que analisadas, podem nos ajudar a prever explosões solares. A partir dos dados captados pelo satélite GOES-15 e disponibilizados pelo Space Weather Prediction Center - SWPC (SPACE, 2015), é possível ter acesso a uma base de dados capaz de prover informações e características típicas da atividade solar e, a partir de tais referências, aplicar estas informações a modelos computacionais que ajudem na previsão de explosões solares e/ou outras atividades mais intensas.

Os dados que são captados durante a monitoração são capazes de indicar quando uma explosão pode ocorrer, mas ainda não se entende completamente a verdadeira relação entre os dados.

Para isso procura-se aplicar os dados das atividades solares em um algoritmo de agrupamento hierárquico. Neste algoritmo será possível ver se existe uma relação hierárquica entre os dados, e em quais possíveis clusters, de acordo com suas características, eles poderiam ser agrupados para, então, submetê-los em modelos computacionais capazes de aprender com os mesmos e conseguir prever, com um certo nível de confiabilidade, novas explosões solares.

O objetivo desse projeto é descobrir as possíveis relações entre os dados de explosões solares através da técnica de agrupamento hierárquico aglomerativo, AGNES, para então descobrir os melhores dados a serem submetidos em modelos de previsão de explosões solares.

A escolha do algoritmo hierárquico se deu por seu conceito demostrar não só a distribuição dos dados em uma quantidade pré-definida de grupos, mas também a relação que estes dados apresentam e o quão próximos, ou similares são. Assim se torna mais fácil descobrir uma quantidade específica de grupos que não distorça a disposição original dos dados.

Os resultados obtidos a partir desta técnica serão aplicados em um algoritmo de agrupamento particional, que está sendo desenvolvido em um outro projeto de iniciação científica do grupo HighPIDS. E a partir disso, submeter no modelo de previsão Deep learning, que está sendo desenvolvido em uma tese de doutorado de um dos integrantes do grupo, apenas os dados mais relevantes.

Parágrafos aleatórios e estrutura do que escrever

Explosões solares ocorrem quando energia é repentinamente desprendida do Sol em forma de ondas de raios-X. Estas explosões são características dos ciclos de atividade solar, que apresentam picos em intervalos de aproximadamente 11 anos e interferem diretamente no clima espacial do nosso sistema solar. A importância da detecção e previsão de explosões solares vem aumentando, pois, erupções solares muito intensas podem afetar nossas atividades diárias (Colak, T.; Qahwaji, R., 2009).

O clima espacial interfere diretamente na nossa atmosfera. Ele abrange toda a atividade solar, sendo o vento solar, a emissão de massa coronal e erupções solares. O vento solar é a emissão de partículas que se expandem por todo campo magnético do sol; a emissão de massa coronal é quando estruturas magnéticas da corona solar se ejetam do sol; e as explosões solares são erupções que ocorrem na camada mais baixa da corona que lançam partículas carregadas que viajam através do campo magnético (Gurman, 2013).

O clima espacial é o responsável pela aurora boreal e afeta também sistemas de comunicação, aviação e veículos espaciais. Além disso, tais particulares solares podem apresentar graves perigos a astronautas (Gurman, 2013).

-----

Nos picos da atividade solar, o sol apresenta características que analisadas, podem nos ajudar a prever explosões solares.

Por isso a importância de monitorar e captar dados sobre o clima espacial para prever possíveis explosões solares.

Os dados que são captados durante a monitoração são capazes de indicar quando uma explosão pode ocorrer, mas não se entende ainda a verdadeira relação entre os dados.

Para isso procura-se aplicar os dados das atividades solares em um algoritmo de agrupamento hierárquico. Neste algoritmo será possível ver se existe uma relação hierárquica entre os dados, e em quais possíveis clusters, de acordo com suas características, eles poderiam ser agrupados. Para então, submeter esses dados em modelos computacionais capazes de aprender com os dados e conseguir prever, com um certo nível de confiabilidade, novas explosões solares.

O objetivo desse projeto é descobrir as possíveis relações entre os dados de explosões solares através da técnica de agrupamento hierárquico aglomerativo, AGNES, para então descobrir os melhores dados a serem submetidos em modelos de previsão de explosões solares.

A escolha do algoritmo hierárquico se deu por seu conceito demostrar não só a distribuição dos dados em uma quantidade pré-definida de grupos, mas também mostrar a relação que estes dados apresentam e o quão próximos, ou similares são. Assim se torna mais fácil descobrir uma quantidade específica de grupos que não distorça a disposição original dos dados.

Os resultados obtidos a partir da técnica serão aplicados em um algoritmo de agrupamento particional, que está sendo desenvolvido em um outro projeto de iniciação científica do grupo HighPIDS. E a partir disso, submeter no modelo de previsão Deep learning, que está sendo desenvolvido em uma tese de doutorado de um dos integrantes do grupo, apenas os dados mais relevantes.

Trechos

(Other indicators of solar activity have been observed over longer periods; these

include sunspot numbers, solar diameter, solar radio ®ux at 10.7 cm and the aa index,

which gives a measure of the magnitude of the solar magnetic ­ eld at the Earth. As

indicators of solar activity, these parameters vary markedly. For example, over the

last century, sunspot number and 10.7 cm ®ux showed their highest values at the solar

maximum of 1958, whereas the aa index peaked during 1990. This is because sunspot

numbers return to essentially zero at each solar minimum, whereas the aa index shows

11-year cycles imposed on a longer-term modulation (Lean & Rind 1998). Changes

in the heliosphere arising from ®uctuations in the Sun’s magnetic ­ eld mean that

galactic cosmic rays (GCRs) are less able to reach the Earth when the Sun is more

active, so the cosmic-ray ®ux is inversely related to solar activity, although, again,

there are subtle di¬erences between this and radiometric indices.

In order to extract a measure of the in®uence of the Sun on climate, many studies

have sought to ­ nd correlations between indices of solar activity and meteorological

parameters. Hoyt & Schatten (1997) present a good review. Many of the results

claimed are statistically questionable, sometimes because the data series used are

not su¯ ciently long or because other factors, such as El Ni~no or volcanic eruptions,

which might have contributed to climate variability, have been ignored.) (The efects of solar variability on the Earth’s climate … Joanna D. Haigh)

(We investigate the relationship between solar irradiance

and cosmogenic isotope variations by simulating with a flux

transport model the effect of solar activity on the Sun’s total

and open magnetic flux. As the total amount of magnetic

flux deposited in successive cycles increases, the polar fields

build up, producing a secular increase in the open flux that

controls the interplanetary magnetic field which modulates

the cosmic ray flux that produces cosmogenic isotopes. Nonaxisymmetric

fields at lower latitudes decay on time scales

of less than a year; as a result the total magnetic flux at the

solar surface, which controls the Sun’s irradiance, lacks an

upward trend during cycle minima. This suggests that

secular increases in cosmogenic and geomagnetic proxies of

solar activity may not necessarily imply equivalent secular

trends in solar irradiance. Questions therefore arise about the

interpretation of Sun-climate relationships, which typically

assume that the proxies imply radiative forcing.

Solar activity causes the Sun’s electromagnetic radiation

to vary. Solar activity also modulates the heliospheric

magnetic field which affects the flux of galactic cosmic rays

and magnetic activity at the Earth. Cosmic rays produce 14C

and 10Be isotopes which are deposited in tree-rings and icecores,

respectively, and used to infer the impact of solar

variability on Earth’s past climate

To investigate how solar irradiance and cosmogenic

isotope variations are related, we examine the time dependence

of the total and open magnetic flux as the Sun’s field

evolves during multiple cycles.) (The effect of increasing solar activity on the Sun’s total and … J. L. Lean,)

(O erro devido à ionosfera nas distâncias medidas pelo GPS (*Global Positioning*

*System*) é diretamente proporcional ao conteúdo total de elétrons (TEC – *Total*

*Electron Content*) presente na ionosfera. O TEC varia regularmente no tempo e no

espaço com relação: ao ciclo de manchas solares (variação de longo período), à

época do ano (variação sazonal), à hora do dia (variação diurna), à localização

geográfica, entre outros parâmetros. No entanto, o TEC pode sofrer abruptas

modificações em seu comportamento devido, por exemplo, à ocorrência de intensas

explosões solares (*solar flares*). Na ocorrência deste evento solar ocorre um rápido

aumento do fluxo solar de radiação eletromagnética, especialmente na faixa dos

raios X e extremo ultravioleta, que, se direcionado para a Terra, pode provocar uma

série de fenômenos na ionosfera, genericamente chamados de Distúrbios

Ionosféricos Súbitos (DIS). Neste artigo foram utilizados dados das estações GPS

da RBMC e da rede IGS para analisar a influência da intensa explosão solar.

O principal processo de formação de elétrons livres na ionosfera é a

fotoionização, que consiste na absorção de radiação solar, predominantemente na

faixa do extremo ultravioleta e raios X, por elementos atmosféricos neutros

(KIRCHHOFF, 1991). Desta forma, o comportamento da ionosfera é extremamente

influenciado pelo comportamento da atividade solar.

Além das variações regulares citadas anteriormente, o TEC pode sofrer

abruptas modificações em seu comportamento devido, por exemplo, à ocorrência de

intensas explosões solares (*solar flares*). Na ocorrência destes eventos, entre outros

fenômenos, ocorre um rápido aumento do fluxo solar de radiação eletromagnética,

especialmente na faixa dos raios X e extremo ultravioleta, que, se direcionado para

a Terra, pode provocar uma série de fenômenos na ionosfera que genericamente são

Matsuoka, M. T.; Camargo, P. O. ; Batista, I. S.

Bol. Ciênc. Geod., sec. Artigos, Curitiba, v. 12, no 2, p.315-334, jul-dez, 2006.

3 1 7

chamados de Distúrbios Ionosféricos Súbitos (DIS) (DAVIES, 1990). Entre os DIS

que podem ocorrer, está o rápido aumento da densidade de elétrons na ionosfera, ou

seja, do TEC.) (IMPACTO DE EXPLOSÕES SOLARES IONOSFERA GPS ... MARCELO TOMIO MATSUOKA)

(It is now well established that Ñares and coronal mass

ejections (CMEs) are predominantly magnetic explosions.

That is, they show rapid motion and heating that we infer to

be driven by magnetic energy locally contained in the Ðeld

(e.g., Svestka 1976; Sturrock 1980). All CMEs and many

Ñares exhibit outward mass motion, even though it is likely

that part of the magnetic Ðeld must shrink (implode) in

order that there be an overall decrease in magnetic energy

in the region of the explosion (Hudson 2000). Given that the

magnetic Ðeld is the prime mover, the basic question posed

by Ñares and CMEs is, what is the conÐguration of the

magnetic Ðeld before the explosion, and how does the Ðeld

change in the explosion ? It is widely (but not universally)

held that reconnection of the magnetic Ðeld is an essential

aspect of the release process. Cast in terms of reconnection,

the basic question becomes, is reconnection necessary for

1 NRC-MSFC Resident Research Associate.

either the triggering or the growth of the explosion, or is

reconnection only a consequence of the explosion, and,

either way, where in the magnetic Ðeld does the reconnection

take place, and how is it driven ? In this paper we

investigate these questions by examining the changing

coronal X-ray structure in onsets of eruptive events

observed by the Yohkoh soft X-ray telescope (SXT).

Flares and CMEs happen in mainly closed magnetic

Ðelds that encompass one or more neutral lines (polarity

dividing lines) in the photospheric magnetic Ñux. That is,

the magnetic Ðeld that yields a Ñare and/or CME is basically

composed of one or more closed magnetic bipoles

(Machado et al. 1988a; Moore et al. 1999). (In our usage,

.. closed ÏÏ Ðeld lines return locally to the photosphere

[.. open ÏÏ means that the Ðeld line has expanded into the

solar wind], and .. closed bipole ÏÏ denotes the set of closed

Ðeld lines linking two contiguous domains of opposite

polarity.) Many Ñares and CMEs are multiple-bipole

events, apparently involving interaction and reconnection

between two or more bipoles (Machado et al. 1988a).

833

834 MOORE ET AL. Vol. 552

Nevertheless, there are many single-bipole events, eruptions

that straddle only one neutral line and show no apparent

reconnection with other bipoles. In particular, many of the

long-duration two-ribbon Ñares that are born in tandem

with a CME appear to be single-bipole events (e.g., the four

events studied by Sterling et al. 2000). The .. standard

model ÏÏ for the magnetic explosion in eruptive Ñares and

CMEs is for single-bipole events. This is the model Ðrst

proposed by Hirayama (1974) and advanced by many later

studies of eruptive Ñares (Heyvaerts, Priest, & Rust 1977;

Moore & LaBonte 1980; Hagyard, Moore, & Emslie 1984;

Sturrock et al. 1984; Moore & Roumeliotis 1992; Shibata et

al. 1995; Tsuneta 1997; Shibata 1996, 1998). The approach

of the present paper is to compare the explosion onset

envisioned in this model with onsets of actual single-bipole

eruptive events observed by the Yohkoh SXT.

) (ONSET OF THE MAGNETIC ... RONALD L. MOORE)

(O estudo das varia，c˜oes na atividade geomagn´etica controlada pelas condi，c˜oes do vento solar se

faz totalmente justificado do ponto de vista acadˆemico. Do ponto de vista pr´atico, tais varia，c˜oes podem, por

exemplo, prejudicar o funcionamento de sistemas de solo e a bordo de sat´elites devido ao aumento das correntes

atmosf´ericas e da radia，c˜ao que chega at´e o planeta, aumentando assim a importˆancia desse tipo de pesquisas.

O campo magn´etico associado ao vento solar controla

o acoplamemto entre o vento e a magnetosfera,

mediando a transferˆencia de energia atrav´es do processo

de reconex˜ao magn´etica. Dessa forma, varia¸c˜oes

no vento solar afetam a estrutura dinˆamica da magnetosfera,

refletindo-se em perturba¸c˜oes no campo geomagn

´etico, as chamadas atividades geomagn´eticas [4].) (O vento solar e a atividade geomagnética (Solar wind and geomagnetic activity) E. Costa Jr.)

# Referências

COLAK, T.; QAHWAJI, R.. Automated Solar Activity Prediction: A hybrid computer platform using machine learning and solar imaging for automated prediction of solar flares. **Space Weather**. v. 7, Jun. 2009.

Atividade solar

(<http://www.thesuntoday.org/the-sun/solar-activity/>)

(<http://www.nasa.gov/index.html>)

(<http://spaceweather.com/>)

Impactos da atividade solar

(<https://www.nasa.gov/mission_pages/sunearth/news/flare-impacts.html#.V_1Jt-ArLIU>)