

ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS DE PLASMA E CAMPO MAGNÉTICO MEDIDOS PELA MISSÃO STEREO DURANTE EVENTOS DE CHOQUE INTERPLANETÁRIOS

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 1.07.02.09-1 Geofísica Espacial

Apresentado no

10º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP ou no 4º Congresso de Pós-Graduação do
IFSP

27 e 28 de novembro de 2019- Sorocaba-SP, Brasil

RESUMO: O meio interplanetário é dominado por diferentes topologias de campos magnéticos que regem o confinamento e o fluxo de partículas constituintes do plasma neste meio. Durante eventos extremos de atividade solar, ejeções coronais de massa são expelidas pelo Sol viajando a velocidades geralmente acima da velocidade característica do meio, o que resulta na formação de uma onda de choque no meio interplanetário. Tais ondas de choque podem contribuir de forma significativa na interação com a magnetosfera terrestre, fazendo com que uma parcela maior de energia seja transferida para dentro da cavidade magnetosférica. A transferência de energia do meio interplanetário para a magnetosfera se dá através do processo de reconexão magnética. O presente trabalho tem como objetivo estudar choques interplanetários através das observações dos dois satélites que compõem a missão STEREO, localizados em órbita a uma (1) unidade astronômica (AU). A partir das listas de choques interplanetários observados pelas duas espaçonaves de 2007 a 2014, serão estudadas as variações no plasma e no campo magnético causadas pela passagem dessas estruturas com forte potencial para atingir a Terra e causar sério impacto econômico.

PALAVRAS-CHAVE: choques interplanetários; missão STEREO; ejeções coronais de massa.

STATISTICAL ANALYSIS OF PLASMA AND MAGNETIC FIELD DATA MEASURED BY STEREO MISSION DURING INTERPLANETARY SHOCK EVENTS

ABSTRACT: The interplanetary (IP) environment is dominated by different topologies of magnetic fields that control the plasma confinement and flow. During extreme solar activity events, coronal mass ejections are expelled by the Sun traveling at speeds generally higher than the characteristic speed of the medium. This can result in shock wave formation in the IP environment. Such shock waves can contribute significantly to the interaction with the terrestrial magnetosphere, causing a larger portion of energy to be transferred into the magnetospheric cavity. The energy transfer from the IP medium to the magnetosphere occurs due to magnetic reconnection process. The present work aims to study IP shocks through the observations of two STEREO mission satellites, orbiting at one (1) astronomical unit. A list of the IP shocks observed between 2007 and 2014 by the two spacecraft was obtained. Based on this list, the variations of plasma and magnetic field parameters caused by the passage of shocks waves are studied. The shock waves can probably reach the Earth and eventually cause considerable economic impact.

KEYWORDS: interplanetary shocks; STEREO mission; coronal mass ejections.

INTRODUÇÃO

O espaço interplanetário é a região preenchida pelo vento solar, um plasma ionizado, que se expande constantemente em direção à heliopausa, limite do domínio do Sol. Juntamente com o vento solar, algumas estruturas magnéticas surgem na superfície do Sol e se propagam no meio interplanetário (IP) podendo gerar descontinuidades, quando sua velocidade é maior do que a velocidade do meio (OLIVEIRA; SILVEIRA, 2016). Estas descontinuidades são, em sua maioria, choques interplanetários (IPs) que podem atingir e interagir com o campo magnético terrestre, comprimindo e intensificando-o (SCHWENN, 2006), podendo causar danos econômicos ou até mesmo afetar a vida na terra (BAKER, 2004; DAGLIS, 2004).

Neste trabalho, serão determinadas as relações entre os diferentes parâmetros do vento solar e do plasma característicos de choques IPs, de forma a identificar aqueles parâmetros que podem auxiliar na caracterização das estruturas magnéticas, bem como a relação entre eles, estabelecida através da análise de regressão linear e coeficiente de correlação.

MATERIAL E MÉTODOS

Os choques IPs observados pelas STEREOs foram selecionados entre 2007 e 2014, a partir de duas bases de dados: uma delas é da Universidade de Helsinki: <http://ipshocks.fi/database>, considerando-se somente os choques frontais; a outra é da Universidade da Califórnia (UCLA), disponível em http://www-ssc.igpp.ucla.edu/~jlan/STEREO/Level3/STEREO_Level3_Shock.pdf, selecionando apenas os choques causados por ejeções coronais de massa (ICMEs) (SCHWENN, 2006).

Desenvolveu-se um algoritmo em linguagem Python, utilizando o paradigma de orientação a objetos, que constrói gráficos a fim de facilitar a análise dos dados e dos eventos ocorridos no período de interesse. O algoritmo acessa os dados via internet e salva-os no computador, fazendo o tratamento necessário para que os dados coletados possam ser utilizados nos gráficos. Através de um menu de opções do algoritmo, pode-se optar por baixar os dados no computador, tratá-los e, posteriormente, construir os gráficos, tanto considerando uma única sonda, como ambas na mesma figura construída, de forma a possibilitar a comparação entre as observações.

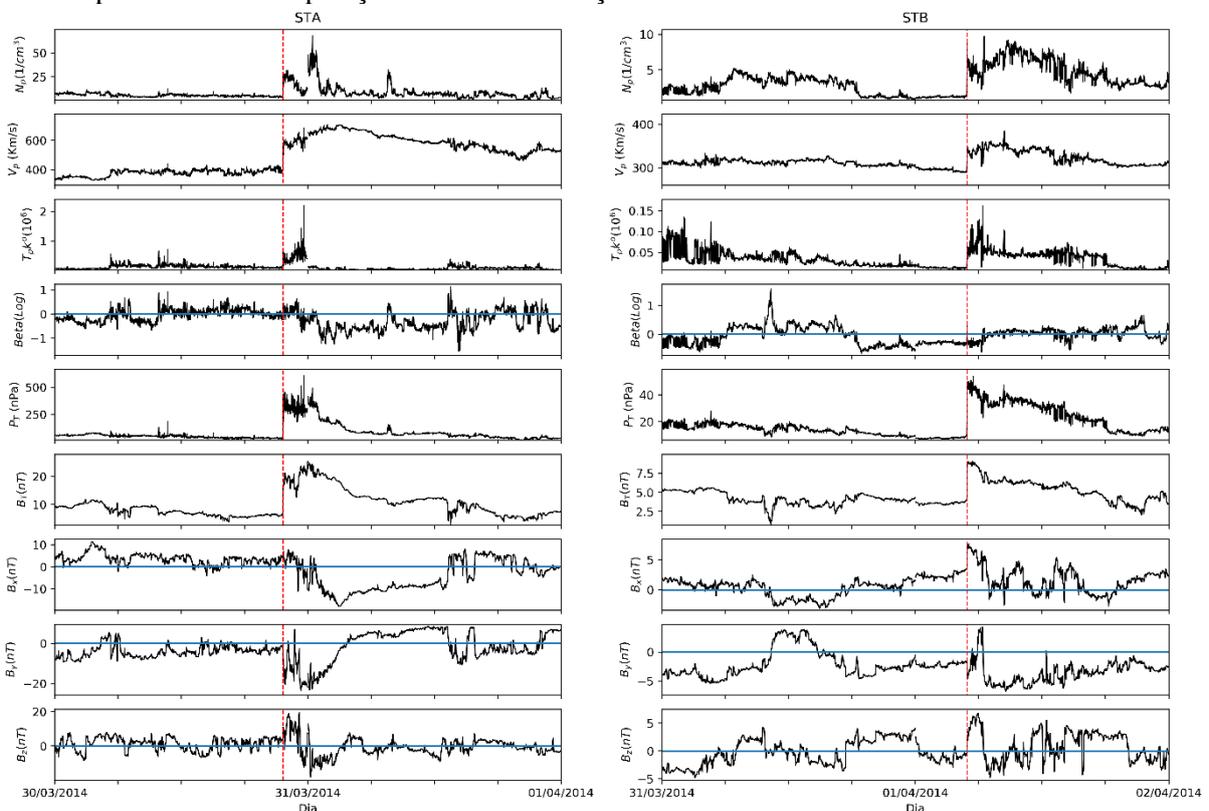


FIGURA 1. À esquerda, evento de choque observado pela STEREO A (STA), no dia 30 de março de 2014. À direita, choque observado pela STEREO B (STB), no dia 01 de abril de 2014. Em ambos os painéis, estão representados os parâmetros do vento solar e campo magnético evoluindo no tempo. As linhas verticais tracejadas indicam o momento do choque IP.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As tabelas disponibilizadas nos sites mencionados na Metodologia contêm as principais variáveis que caracterizam uma onda de choque no meio IP. Além de fornecer as médias das regiões antes e após os choques, como, por exemplo, densidade (N_{p_up} e N_{p_down}), temperatura (T_{p_up} e T_{p_down}), velocidade (V_{p_up} e V_{p_down}) e campo magnético (B_{up} e B_{down}). Figura 2 é composta das correlações entre estas variáveis, onde cada painel representa a variação do parâmetro depois

(representado por “down”) em relação a mesma variável, contudo na região antes do choque (caracterizada por “up”). Note que o coeficiente de correlação sinaliza uma relação muito boa entre as características antes e depois do choque, sendo o menor deles para a temperatura T_p , com $R = 0,74$.

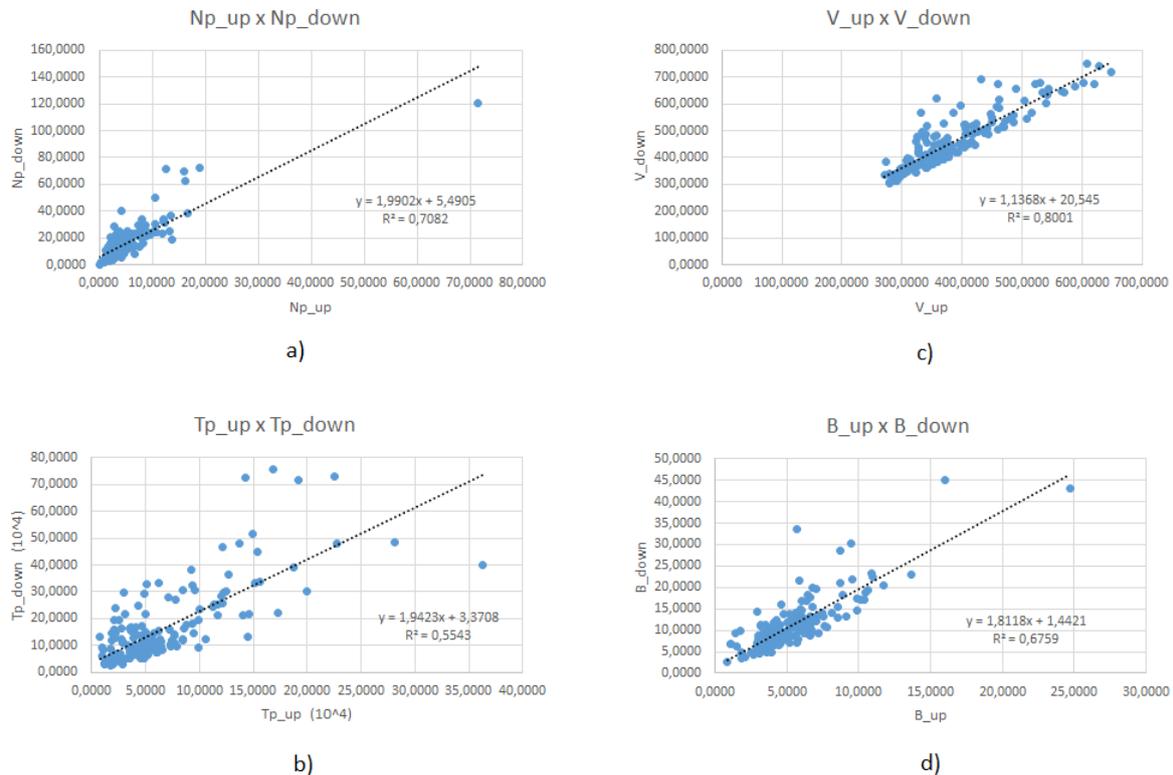


FIGURA 2. Correlação entre os parâmetros do choque antes (“up”) e depois (“down”): a) Densidade do plasma, b) Temperatura do plasma, c) Velocidade do plasma e d) campo magnético.

CONCLUSÕES

A correlação entre os parâmetros do plasma e do campo magnético revelam que existe uma dependência no aumento após o choque em relação às características do meio antes da passagem da onda de choque. Isto se dá pelo fato da correlação entre os dados antes e depois do choque IP mostrarem uma correlação muito boa, especialmente na velocidade do plasma, onde a correlação é de aproximadamente 90%. Os demais parâmetros também apresentaram boas correlações.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a NASA pelo uso dos dados da missão STEREO. Também agradecem a Universidade de Helsinki, pelo uso da base de dados de choques heliosféricos e a Universidade da Califórnia (UCLA) pela lista de choques IPs. Os autores agradecem o Prof. Dr. Rainer Schwenn (in memoriam) por todo o conhecimento adquirido na área de estudos do trabalho.

REFERÊNCIAS

- BAKER, D.N. Introduction to Space Weather. Em: Scherer K., Fichtner H., Heber B., Mall U. (eds) **Space Weather. Lecture Notes in Physics**, v. 656. Springer, Berlin, Heidelberg.
- DAGLIS, I. **Effects of space weather on technology infrastructure**, Space Weather, 2004.
- OLIVEIRA, D. M; SILVEIRA, M. V. D. **Space weather and interplanetary shocks**, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v38n1/1806-9126-rbef-38-01-S1806-11173812083.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2019.
- SCHWENN, R. **Space Weather: The Solar Perspective**, Living Rev. Sol. Phys., 2006. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.12942/lrsp-2006-2> Acesso em: 8 ago. 2019.