

Análise de Parâmetros do Meio Interplanetário Utilizando Transformada Wavelet Cruzada

Rodrigo T. Seo

Margarete O. Domingues

Odim Mendes¹

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP

1 Introdução

O Sol é a origem de diversos fenômenos que afetam o meio interplanetário e incidem sobre os corpos que orbitam em seu entorno. O entendimento dos efeitos dos fenômenos solares é de grande importância devido aos impactos no ambiente solar-terrestre e mesmo na superfície [2]. Uma das principais causas desses impactos está relacionada ao vento solar, interpretado como um fluxo de matéria ionizada (plasma solar) que se destaca do Sol devido à diferença de pressão entre a Coroa solar e o meio interplanetário [3]. Em um estudo de caso, ao se analisar relações de causa e efeito do acoplamento eletrodinâmico Sol-Terra, utilizam-se para esta análise a componente B_z do campo magnético interplanetário e o índice relacionado ao eletrojato auroral (AE) [2]. A metodologia de análise emprega a transformada *Wavelet* Cruzada (XWT) [1], que analisa a relação tempo-escala presente nos escalogramas de duas séries temporais, B_z versus AE.

2 Dados e Metodologia

Consideram-se dados envolvendo dois fenômenos distintos. O primeiro constitui-se de um período magneticamente calmo, 19 a 25 de junho de 2004, para servir como uma condição de controle. O segundo consiste em um período contendo o fenômeno *High-Intensity, Long-Duration, Continuous AE Activity* (HILDCAA), causado pela reconexão magnética intermitente entre a componente B_z e a magnetopausa [4], entre os dias 02 e 06 de janeiro de 2004. Na abordagem de análise, consideram-se B_z e AE. A transformada *wavelet* cruzada,

$$W_{B_z,AE}^\psi(a, \tau) = W_{B_z}^\psi(a, \tau) \overline{W_{AE}^\psi(a, \tau)},$$

utiliza os coeficientes wavelet desses dois sinais, que são calculados a partir de uma variação da transformada wavelet contínua empregando a wavelet de Morlet (ψ) com o parâmetro ω igual 6 para as regiões sem falha e adaptando essa wavelet nas regiões com lacunas. Como esses coeficientes são complexos, o traço sobreposto indica o complexo conjugado.

¹{rodrigo.seo,margarete.domingues,odim.mendes}@inpe.br

3 Resultados e Discussão

Na Figura 1 (painel esquerdo), observa-se que no período magneticamente calmo há maior fluutuabilidade e menor amplitude da energia. Essas estruturas são geradas por fenômenos não considerados neste estudo. Como esperado, não há entre os fenômenos do plasma solar e os efeitos na superfície terrestre uma relação direta de causa efeito. Na Fig. 1 (painel direito), no primeiro período analisado contendo o fenômeno HILDCAA, pode ser detectado entre as escalas 16 – 64 horas, observa-se que há mais energia no escalograma cruzado. Por meio da análise de seus escalogramas individuais é possível detectar nessas escalas a formação de estruturas que podem representar interações tipo causa-efeito. Isso corrobora com as ideias físicas relativas a esse fenômeno. O estudo abre perspectivas de outras análises avaliando o deslocamento temporal entre as séries e a extensão para outras variáveis interplanetárias.

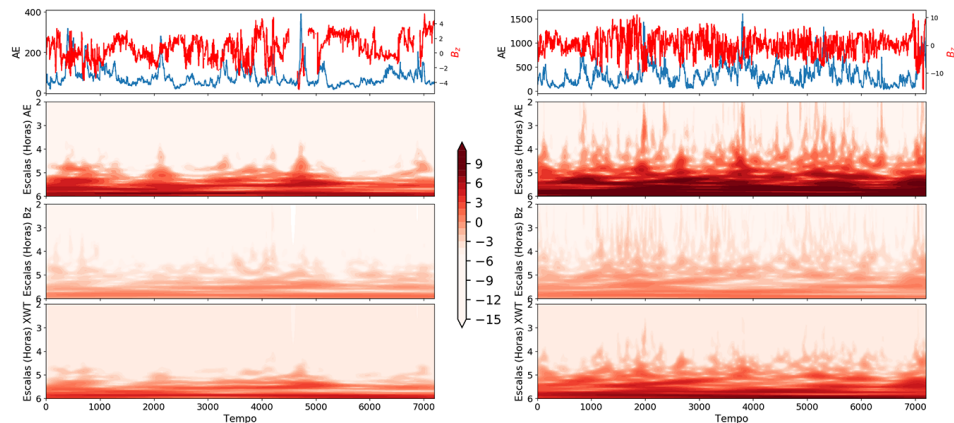


Figura 1: Séries da Componente magnética B_z e do índice AE, Escalogramas do índice AE e do B_z , e os coeficientes da XWT entre B_z e AE. Painel esquerdo, período calmo, e direito, o caso de HILDCAA.

Agradecimentos Os autores agradecem o suporte financeiro das agências CNPq (306038/2015–3), FAPESP (proj. 2015/25624 – 2) e CAPES.

Referências

- [1] M.O. Domingues and O. Mendes and V. E. Menconi and E. Bernardes, Explorando a transformada wavelet contínua, Revista Brasileira de Ensino de Física, 2016.
- [2] Y. Kamide and A. C-L. Chian, *Handbook of the solar-terrestrial environment*. Springer Science & Business Media, 2007.
- [3] M. G. Kivelson and C. T. Russell, *Introduction to Space Physics*, Cambridge University Press, 1995.
- [4] B. T. Tsurutani and W. D. Gonzalez and F. Guarnieri and Y. Kamide and X. Zhou and J. K. Arballo, *Are high-intensity long-duration continuous AE activity (HILDCAA) events substorm expansion events?*, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 2004.