

Estudo de Micropulsações Geomagnéticas PC3-5 em Baixas Latitudes, no Brasil

A. Zanandrea*
J.M. da Costa*,**
S.L.G. Dutra*
N.B. Trivedi*
A.L. Padilha*

*Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, São José dos Campos, S. P., Brasil.

**Universidade de Taubaté - UNITAU, Taubaté - SP, Brasil.

As micropulsações do campo geomagnético observadas no solo, na ionosfera e na magnetosfera terrestre, devem-se a manifestação de ondas de plasma (hidromagnéticas) de frequência ultra baixa (ULF) na magnetosfera. As ondas ULF com mais baixa frequência tem comprimentos de onda comparáveis ao tamanho da magnetosfera e amplitudes da ordem de centenas de nanoTesla. O limite superior do espectro das ondas de plasma causadoras de micropulsações é determinado pela frequência ciclotrônica do hidrogênio na magnetosfera, que é tipicamente menor que 10 Hz (Samson, 1991). A interação do vento solar com o campo magnético da Terra é o principal processo de geração das micropulsações geomagnéticas (Yumoto, 1986; 1988).

A investigação experimental das variações do campo geomagnético, tanto com instrumentação na superfície da Terra como no espaço a bordo de satélites têm contribuído significativamente para a estimação da intensidade e dinâmica dos sistemas de correntes elétricas da ionosfera e magnetosfera (Hughes, 1994). A interpretação dos parâmetros das micropulsações, permite inferir os processos físicos envolvidos em sua geração e transmissão na ionosfera e magnetosfera terrestre. A densidade do plasma magnetosférico é estimada através do estudo das micropulsações, usando a noção de ressonância de linhas de campo proposta por (Dungey, 1954). As pulsções Pc3 diurnas assumem um relevante papel na transmissão da energia do vento solar para a magnetosfera, tendo uma vital importância no entendimento dos principais aspectos físicos da interação vento solar e a magnetosfera (Yumoto, 1985). As pulsções geomagnéticas contêm informações sobre suas fontes e regiões por onde elas se propagam. Por isso, as observações de micropulsações no espaço magnetosférico e no solo tornou-se uma importante ferramenta para diagnóstico do vento solar e do espaço magnetosférico (Nishida, 1978).

Neste trabalho, fez-se um estudo sobre as características das micropulsações geomagnéticas, na faixa de Pc3-5 (10-600 s), para algumas estações de baixa latitude situadas no território brasileiro. Para este estudo usou-se os dados geomagnéticos coletados na rede de estações que o INPE vem operando, já há

vários anos, em colaboração com a Universidade de Kyushu, Japão, o Observatório Nacional ON/CNPQ, a UEMA a EMBRAPA e aTESA, no nordeste, noroeste, norte do território brasileiro. Esta rede inclui as seguintes estações: Cachoeira Paulista (22,7°S; 45°W), Cuiabá (15,35° S, 56°W), Colibri (13,7°S, 59,8°W), Vilhena (12,7°S; 60°W), Presidente Médice (11,3°S; 61,8°W), Ariquemes (9,6°S; 63°W), Porto Velho (8,8° S; 69,9°W); Eusébio/Fortaleza (3,9°S; 38,5°W), São Luiz/Alcântara (2,3°S; 44,2°W); Tatuoca (1,4°S; 48,4° W). O campo geomagnético foi medido por um magnetômetro de três componentes do tipo núcleo saturado em forma de anel. Este magnetômetro têm três saídas analógicas para a medida das componentes H, D e Z com precisão melhor de que 1nT (Trivedi et al., 1995). Os dados são registrados e digitalizados num intervalo de amostragem de três segundos para cada uma das três componentes

A Figura 1 ilustra a variação diurna do campo geomagnético para o dia 15 de outubro de 1994 medida na estação de Cuiabá. Neste gráfico estão plotados todos os 28800 dados registrados pelo magnetômetro. A variação nas três componentes do campo geomagnético é representada respectivamente pelas curvas H, D e Z. Através dos gráficos da variação diurna pôde-se estudar o comportamento do campo geomagnético, nas três componentes, ao longo do dia. A componente H mostra-se levemente perturbada, atingindo um valor máximo em torno das 13 horas local (16:00 UT) e retorna ao mesmo valor de base por volta de 19 horas local (22:00 UT).

A aplicação de um filtro passa banda (Kanasewick, 1981; Stearns e Ruth, 1993; Stearns e Hush, 1990) na componente H (Figura 2) permitiu obter os sinais nas bandas de períodos: 10-45s (Pc3), 45-150s (Pc4) e 150-600s (Pc5). Através destas filtragens pôde-se visualizar a variação da amplitude do sinal ao longo do tempo e localizar os pacotes de micropulsações. Os picos de amplitude máxima, nas três bandas, ocorrem entre 10:00 e 20:00 UT, com alguns secundários durante a noite 01:00-03:00 UT. Os sinais filtrados foram analisados usando o método da Transformada Rápida de Fourier (FFT) (Press et al., 1986; Stearns e Ruth, 1993) para estudar o comportamento dos parâmetros das micropulsações tais

como: taxa de ocorrência, período, amplitude. Também usou-se a técnica de análise espectral dinâmica de Fourier, para visualizar a variação destes parâmetros em função da frequência e o momento de ocorrência das micropulsações. Um exemplo dos resultados obtidos com esta análise é mostrado na Figura 3. Os mapas de contorno da Fig. 3c, d mostram a intensidade de energia das ondas em função do tempo universal e da frequência. As potências foram obtidas através da análise espectral dinâmica do sinal das componentes H e D medidas em Cuiabá, no dia 15 de outubro de 1994, filtradas na faixa de 150-600s (Fig. 3a, b.). O tamanho de cada intervalo das análises com o método FFT foi de 1200 pontos. Cada um destes intervalos foi analisado aplicando-se FFT sobre 512 pontos com sobreposição de 50%, obtendo-se o espectro médio. Pode-se ver no mapa a existência de uma região de grande intensidade de energia, desde aproximadamente 11:00 até 18:00 UT, numa faixa de frequência que vai de 1,5 até 4,5 mHz (666-222 s). Isto caracteriza a ocorrência de um grande evento impulsivo na faixa de Pc5. Comparando o mapa do espectro dinâmico com a variação de amplitude do sinal filtrado, que aparece na parte inferior, nota-se que há uma boa correspondência entre a intensidade de energia espectral e a amplitude dos pacotes das pulsações. Tanto no mapa quanto no gráfico da filtragem, temos um máximo de intensidade entre 11:00 UT e 12:00 UT.

REFERÊNCIAS

Dungey, J. W. *Electrodynamics of the atmosphere*. Ionospheric Research Laboratories Science Report, 69, 1954.

- Hughes, J. W. *Magnetospheric ULF Waves: A tutorial with a historical perspective*. In: *Solar Wind Source of Magnetospheric Ultra-Low-Frequency waves*, Eds: Engebretson, M. J.; Takahashi, K.; Scholer, M., AGU Geophysical Monograph, 81:25-43, 1994.
- Nishida, A. *Geomagnetic Diagnostic of the Magnetosphere*. New York, Springer Verlag, 1978.
- Press, N. H.; Flannery, B. P.; Teukolsky, S. A.; Vetterling, W. T. *Numerical Recipes*. Cambridge, Cambridge University Press, 1986.
- Samson, J. C. *Geomagnetic pulsations and plasma waves in the Earth's magnetosphere*. In: *Jacobs, J. A. Geomagnetism*, New York, Academic Press, 1991, 4v.
- Stearns, D. S.; Ruth, A. D. *Signal Processing Algorithms in Fortran and C*. Prentice Hall Signal Processing Series, New Jersey, 1993.
- Stearns, D. S.; Hush, E. *Digital signal analysis*. Prentice Hall Signal Processing Series, New Jersey, 1990.
- Trivedi, N. B.; Ogura, F. X. K.; de Andrade, J. C.; da Costa, J. M.; Barreto, L. M. *A ring core fluxgate magnetometer for IEEY program in Brazil*. *Revista Brasileira de Geofísica*, 13(1):37-43, 1995.
- Yumoto, K. *Characteristic of localized resonance coupling oscillations of the slow magnetosonic waves in a non-uniform plasma*. *Planetay and Space Science*, 33(1029-1036), 1985.
- Yumoto, K. *Generation and propagation mechanism of low-latitude magnetic pulsation - a review*. *Journal of Geophysics*, 60(2):79-105, 1986.
- Yumoto, K. *External and internal source of low-frequency MHD waves at the magnetosphere - a review*. *Journal of Geomagnetism and Geoelectricity*, 40(3):293-311, 1988.

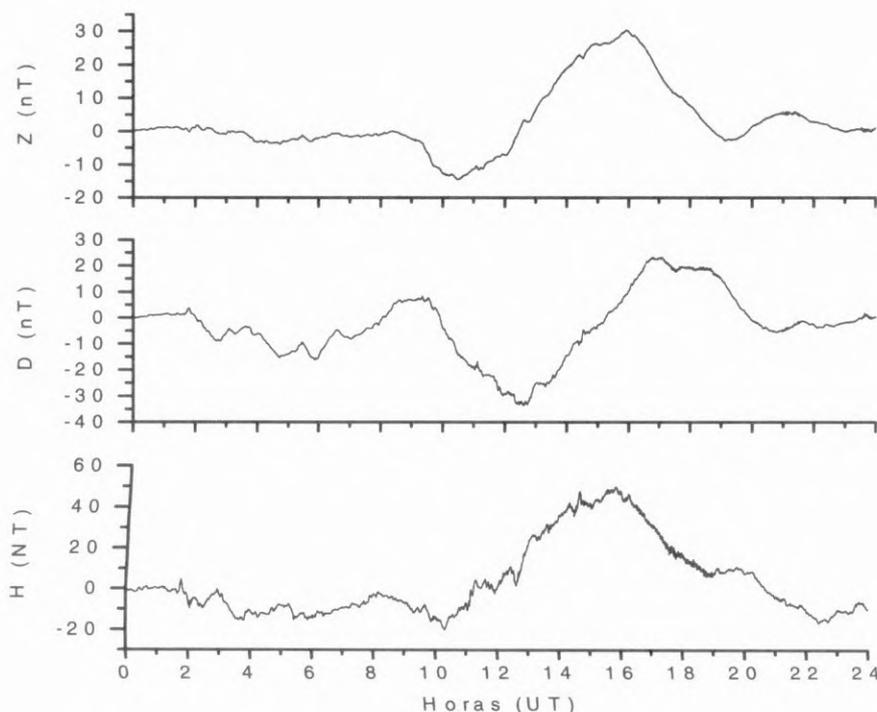


Fig. 1 - Variação das três componentes do campo geomagnético registradas no dia 15/10/1994 em Cuiabá.

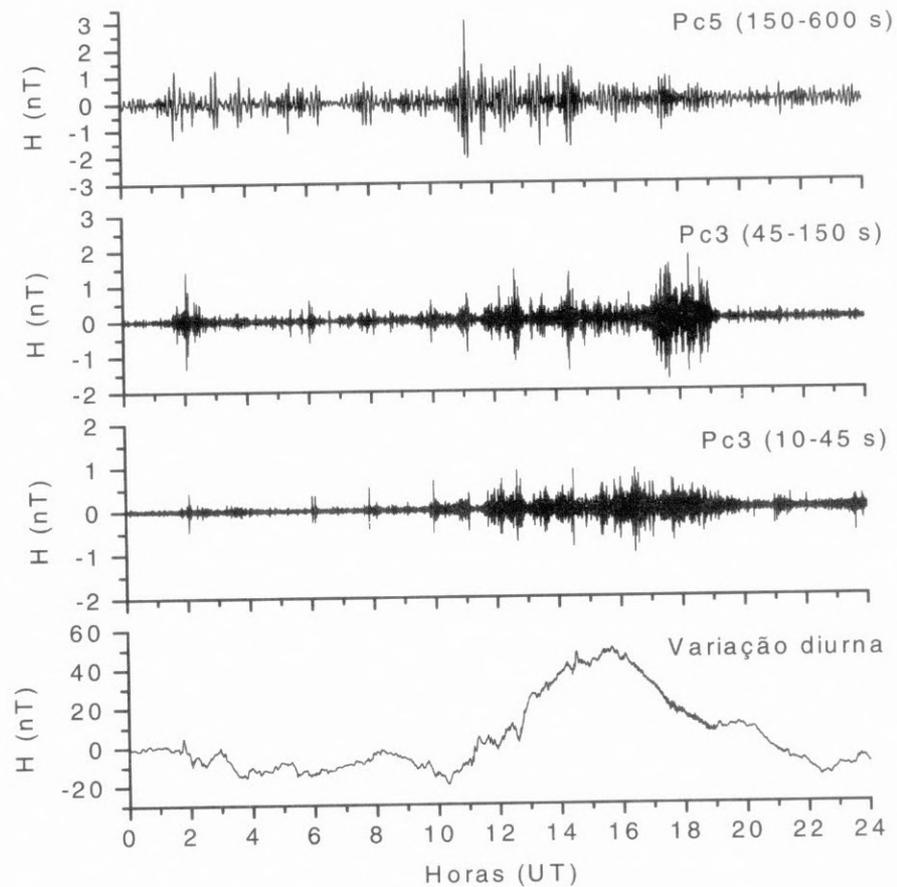


Fig. 2 - Filtragem da componente H do campo geomagnético na banda 150 a 600 s, para dia 15/10/94 em Cuiabá.

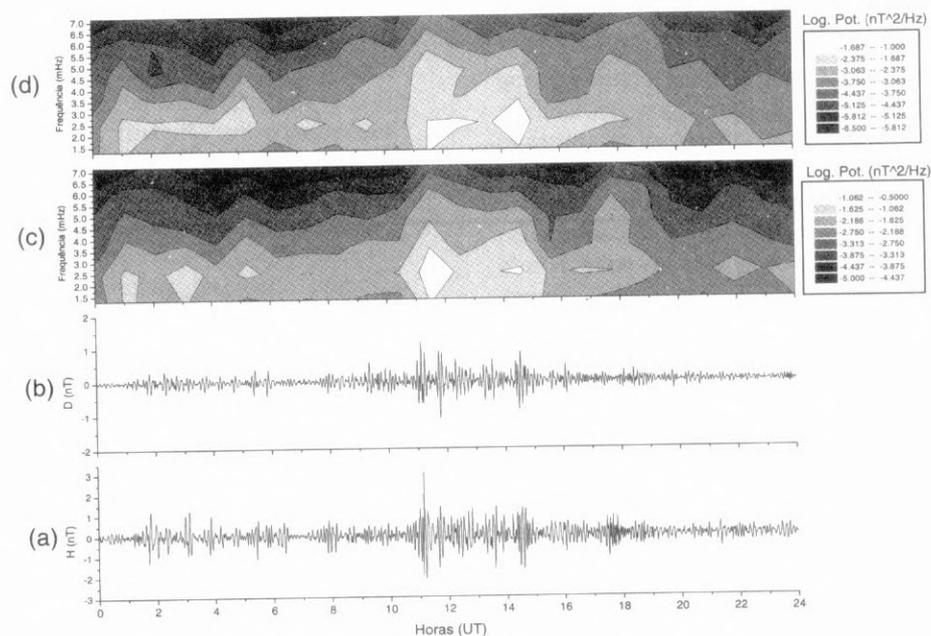


Fig. 3 - a) e b) Filtragem da componente H e D do campo geomagnético para o dia 15 de outubro de 1994, em Cuiabá, na faixa de período de 150 - 600 s (Pc5) e b) e c) mapa de contorno obtido através da análise espectral dinâmica para a potência pura e cruzada destes dados aplicando 1200 dados, usando FFT=512 dados e "overlap"=0,5.