

## ESTUDO DE PULSAÇÕES GEOMAGNÉTICAS Pc's 5-6, MEDIDAS EM BAIXAS LATITUDES MAGNÉTICAS.

Werneck De Carvalho V. J. O.,<sup>1\*</sup> Benyosef L. C. C.<sup>2</sup>, A. S. de Assis<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Observatório Nacional, Rio de Janeiro, Brasil.

<sup>2</sup> Observatório Nacional, Rio de Janeiro, Brasil.

<sup>3</sup> Universidade Federal Fluminense, Niteroi, Brasil.

\*vinicius@on.br.

### ABSTRACT

The geomagnetic pulses Pc's 5-6 are short-period fluctuations in the Earth's magnetic field, characterized as wave packets period ranging from 150 to 900 seconds, corresponding to a frequency range of 1-4 MHz. These pulses are in the frequency range of fast magnetosonic waves (or Alfvén compressional) that matches temporal variations with amplitudes 0001-50 nT [Jacobs, 1970] and which has the property of not leaving permanent effects. Its origin is due to the interaction of the solar wind to the magnetosphere and the excitation of surface waves instability Kelvin-Helmholtz resonance and "bounce".

The diurnal variation (Sq) and the behavior of pulsations in the equatorial region diverge substantially from similar obtained at different latitudes. The data to be used in this study were obtained from three stations located in different latitudes having magnetic inclinations: 09°49, 00°35 and 14°10 and arranged perpendicular to the magnetic Ecuador (dip = 0).

Analysis of these variations constitutes an important means of information on the geophysical processes resulting from the interaction of the solar wind with the geomagnetic field. Through this study it is also possible to better understand the mechanisms of generation and propagation mode of Pc's 5-6 pulses, at low latitudes.

**Keywords:** Equatorial electrojet, geomagnetic variations, diurnal changes, micro pulsations.

### Introdução:

O equador magnético ao contrário do geográfico tem caráter dinâmico e corta o Brasil na região norte. As variações magnéticas registradas em suas proximidades são diferenciadas das outras regiões brasileiras. Uma das principais características desta região é o aparecimento de um fluxo intenso de correntes elétricas situadas cerca de 120 km acima da região do equador magnético e denominado de Eletrojato Equatorial (EEJ=Equatorial Electrojet) que exerce forte influencia nas variações especialmente da componente horizontal, nos registros das estações situadas em baixas latitudes magnéticas (< 7°). As estações de repetição usadas neste trabalho estão situadas nos estados do Amapá, Pará e Tocantins, de acordo com as coordenadas abaixo:

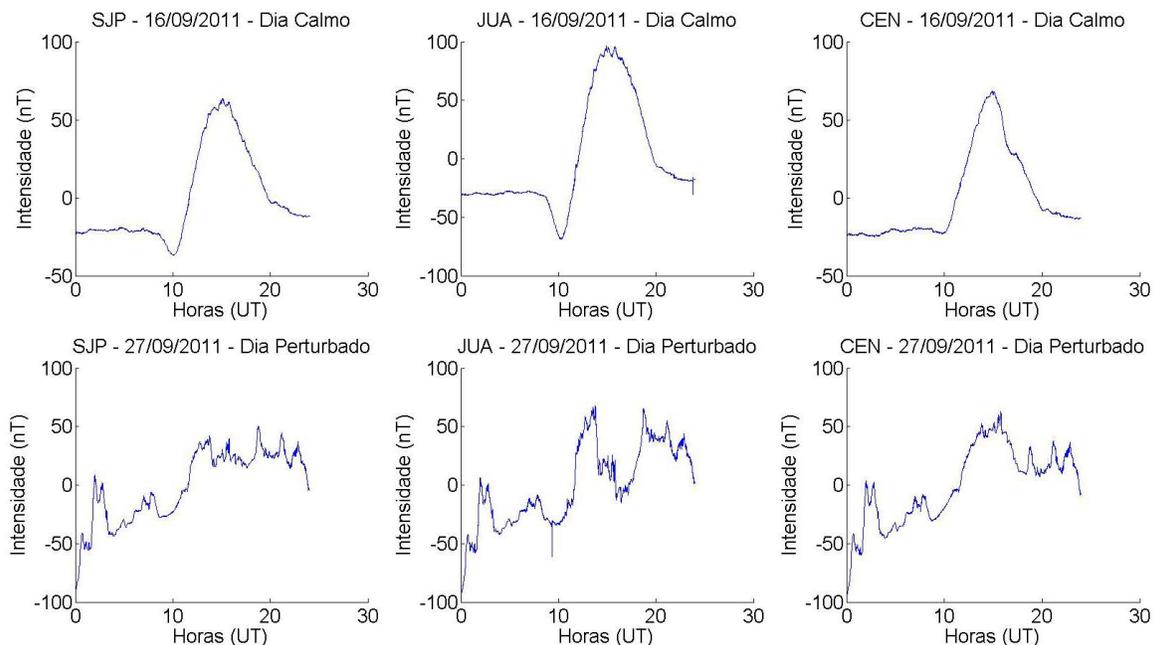
### Metodologia:

Os dados analisados neste trabalho são pertencentes às estações de São Joaquim do Pacuí, Juába e Centenário tiveram como referencia um dia calmo e outro perturbado geomagneticamente, no mês de setembro de 2011 conforme registros dos índices magnéticos planetários, Kp. A coleta destes dados foi feita utilizando magnetômetros fluxgate triaxiais, LEMI-417, orientados nas direções (H, D, Z) do campo geomagnético em cada localidade, o período de registro foi de segundos. Todos os dados foram processados obedecendo ao padrão IAGA (International Association of Geomagnetism and Aeronomy), e tratados no GNU Octave.



Foram realizadas técnicas de processamento e análise de dados para o estudo de pulsações fazendo a filtragem digital de sinais para eliminar as longas tendências da variação diurna do campo geomagnético. Posteriormente, foram utilizadas técnicas de análise espectral (Fourier-Welch) e Wavelet, tendo como objetivo a identificação dos processos físicos na ionosfera e a geração de condições para uma análise mais precisa das pulsações.

A Figura 1, apresenta as morfologias registradas, referentes as 24 horas (UT) de um dia magneticamente calmo e perturbado, usando a componente H, tomadas em três estações: Juába, exatamente sob o EEJ (Juaba), uma outra situada ao norte do dip equatorial (São Joaquim do Pacuí) e a terceira (Centenário) abaixo do EEJ.



**Figura 1.** Variação diurna do campo magnético obtidas em 16/09/2011 e 27/09/2011, em, São Joaquim do Pacuí, Juába e Centenário (dias calmos e perturbados respectivamente).

**Tabela 1.** Coordenadas geográficas das estações de repetição.

<i>Estação</i>	<i>Estado</i>	<i>Latitude (g/m/ s)</i>	<i>Longitude (g/m/s)</i>	<i>Altitude (m)</i>
<i>São Joaquim do Pacuí (SPJ)</i>	<i>AP</i>	<i>00 ° 49 29'</i>	<i>-50 ° 45 31'</i>	<i>26</i>
<i>Juába (JUA)</i>	<i>PA</i>	<i>-02 ° 23 52'</i>	<i>-49 ° 33 30'</i>	<i>10</i>
<i>Centenário (CEN)</i>	<i>TO</i>	<i>-08 ° 59 36'</i>	<i>-47 ° 12 52'</i>	<i>326</i>

A Tabela 2 mostra os valores característicos médios para este dia magneticamente calmo, nas três estações citadas acima. A variação máxima registrada corresponde a estação situada no dip equatorial, Juaba enquanto a de menor valor corresponde a estação situada em latitude maior (Centenário).

Na Tabela 3 estão os valores médios diários, valores máximos e mínimos ocorridos no dia 27/09/2011 em nanoTeslas.

Para realçar as pulsações geomagnéticas na faixa desejada, foi utilizado um filtro digital passa-banda com saída na faixa de frequências entre 1/1000 e 1/150 Hertz. Na Figura 2 pode-se observar o comportamento das pulsações, nas três estações, durante o período magneticamente calmo (16/09/11) e perturbado (27/09/11).

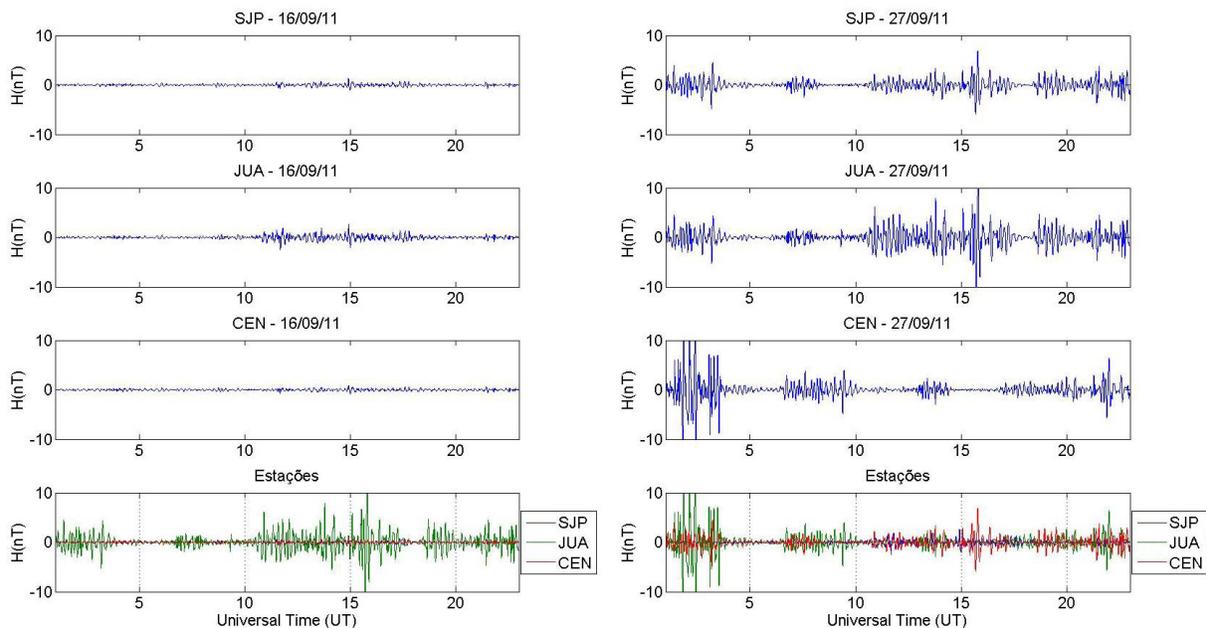


**Tabela 2.** Apresenta os valores médios diários, máximos e mínimos e amplitude em nT no período observado.

<i>Local</i>	<i>Médias H (nT)</i>	<i>Max. (nT) (horas)</i>	<i>Min.(nT) (horas)</i>	<i><math>\Delta H</math> (nT)</i>
<i>São Joaquim do Pacuí</i>	<i>27362.94</i>	<i>27426.35/ 15h08</i>	<i>27326.04/ 10h07</i>	<i>100.31</i>
<i>Juaba</i>	<i>26289.42</i>	<i>26386.04/ 14h55</i>	<i>26220.76/ 10h20</i>	<i>165.28</i>
<i>Centenário</i>	<i>23989.41</i>	<i>24058.04/ 14h55</i>	<i>23964.50/ 2h50</i>	<i>93.54</i>

**Tabela 3.** Para cada local: média dos valores atingidos pela componente H, horários de ocorrência dos valores máximos e mínimos e  $\Delta H$ .

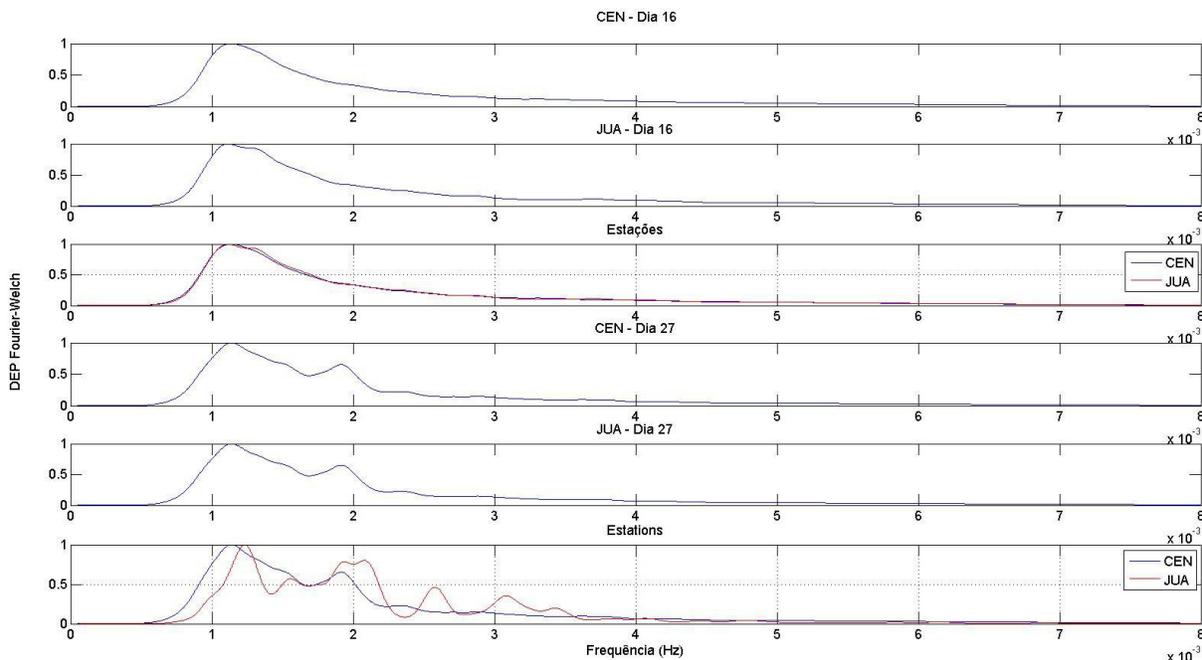
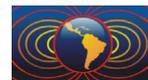
<i>Local</i>	<i>Médias H (nT)</i>	<i>Max. (nT)(horas)</i>	<i>Min.(nT)(horas)</i>	<i><math>\Delta H</math> (nT)</i>
<i>São Joaquim do Pacuí</i>	<i>2731.180</i>	<i>27368.55/ 18h46</i>	<i>27228.94/ 0h07</i>	<i>139.61</i>
<i>Juaba</i>	<i>26232.07</i>	<i>26299.87/ 13h47</i>	<i>26139.32/ 00h12</i>	<i>160.55</i>
<i>Centenário</i>	<i>23948.14</i>	<i>24010.85/ 15h46</i>	<i>23853.81/ 00h03</i>	<i>157.04</i>



**Figura 2.** Os dados filtrados mostram as pulsações obtida nas estações magnéticas de SJP, JUA e CEN, em 16 e 27 de Setembro, 2011(dias calmos e perturbados respectivamente).

No período calmo, o comportamento das pulsações, para a componente H, apresentou uma amplitude máxima de aproximadamente de 1 a 2 nT para as estações de CEN e SJP, enquanto em JUA, essa amplitude foi mais expressiva chegando a 5 nT.

O aumento na amplitude sentido em JUA, em relação às outras duas estações, pode ser melhor demonstrado no terceiro quadro comparativo, onde as três estações se encontram sobrepostas. No dia 27, as pulsações ocorreram em pacotes de ondas individuais e simultâneas, com aparência semelhante, em todo o período sendo mais evidente nas estações de SPJ e JUA, enquanto na estação de CEN percebeu-se a ausência de pulsações a partir de 4 (UT). As estações de SPJ e JUA atingiram valores máximos próximos de 10 e 20 nT. Centenário se destaca com um valor bem mais acentuado de 50 nT.



**Figura 3.** Valores PSD normalizados da componente H, obtidos nas estações magnéticas de JUA e CEN, nos dias 16 e 27 (dias calmos e perturbados magneticamente respectivamente) de Setembro, 2011.

A partir dos sinais filtrados, processou-se o espectrograma normalizado das pulsações. A Figura 3 mostra os espectrogramas nas estações de JUA e CEN, em dia calmo (16) e perturbado (27) geomagneticamente, obtidos através da Densidade Espectral de Potência normalizado da componente H.

Para o dia calmo observou-se, que a energia esteve mais concentrada nos períodos entre 400 a 900 segundos, sem picos abruptos de energia. No dia perturbado, notou-se que os níveis de energia foram maiores para a estação de JUA, evidenciando o efeito do EEJ nas pulsações, o que foi evidenciado pelo aumento no número de picos de energias para os diferentes períodos, evidenciando-se assim uma clara perturbação nas pulsações. Ficou também evidenciada a similaridade dos espectros entre as estações neste dia magneticamente calmo.

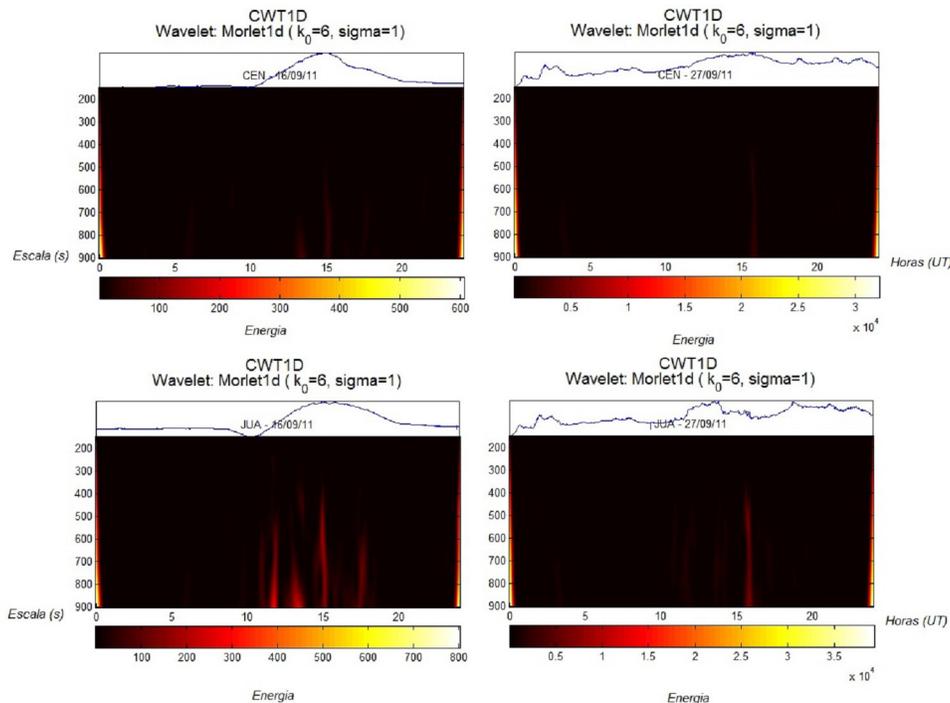
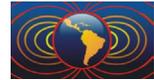
Na Figura 4, estes mesmos dias foram analisados através da Wavelet Contínua Morlet, que possui um ótima resolução tanto no tempo quanto na frequência.

Pode-se observar pelas figuras e tabelas acima que, quanto maior é a latitude da estação, ou seja, quanto mais próximos dos polos, mais sensível ela é aos efeitos geomagnéticos. Ainda, pode-se observar que, a estação de Juaba, por se encontrar exatamente abaixo do EEJ, apresenta uma amplitude geomagnética maior na componente H do que em qualquer localidade no globo confirmando que o local está situado exatamente na região Dip = 0. Em escala menor, há fenômenos que apresentam similaridade em todos os locais de medição, assim como existem outros que somente são registrados em um local isolado.

**Discussões e conclusões**

Pela análise morfológica aqui apresentada, pode-se verificar que mesmo em localidades com latitudes e longitudes distintas, fenômenos geomagnéticos similares na componente H podem ser detectados. Pode-se observar que um mesmo fenômeno é registrado de diferentes maneiras de acordo com a latitude magnética onde a estação está situada.

A variação diurna dos parâmetros das pulsações mostraram modificações causadas pelas alterações da condutividade ionosférica, que ocorrem na região equatorial durante o período diurno, podemos assim



**Figura 4.** Análise Wavelet Contínua, para a estação de CEN e JUA, nos dias 16 e 27 de setembro, 2011.

especular que as instabilidades geradas nas pulsações podem estar diretamente ligadas ao EEJ. Durante o período noturno, em dia calmo na região equatorial, não foi observado nenhum aumento significativo na amplitude de pulsação. No período da manhã e da noite, é comum observar um decréscimo da amplitude das pulsações de acordo com a diminuição da latitude (Pathan *et al.*, 1999). Mas devido a localização das estações nesse trabalho, se encontrarem sob efeito direto do EEJ, não foi possível sentir esse efeito.

O aumento dos fenômenos geomagnéticos na região do EEJ, está ligado diretamente com a influência dos efeitos de condutividade de Cowling, (Pathan *et al.*, 1999). A análise espectral até aqui, demonstrou comportamentos diferentes, como seria de se esperar tanto para o dia calmo quanto para o perturbado magneticamente. Em dia calmo, a energia se concentrou em um único pico, entre 400 a 900 segundos.

Entretanto no dia perturbado, pode-se perceber o aumento de picos de energia, espalhados quase que uniformemente sobre toda a faixa de frequência estudada.

### Agradecimentos

O primeiro autor agradece a CAPES pela bolsa e agradecemos aos colegas Ronaldo Marins de Carvalho e Elizabeth Cunha Lima, do Grupo de Geomagnetismo do Observatório Nacional, pelos registros das estações utilizadas neste trabalho.

### Referências

Pathan, B. M., N. Kleimenova, G., Kozyreva, O. V., Rao, D. R. K., Asinkar, R. L., 1999. Equatorial enhancement of Pc5–6 magnetic storm time geomagnetic pulsations, *Earth Planets Space*, 51, 959–964.