



## Estudo da variação diurna em estações de repetição localizadas em baixas latitudes

Laryssa Silva\* (UERJ/ON), Luiz Benyosef (ON) e Cláudio Silva (UERJ).

Copyright 2015, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 14<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, August 3-6, 2015.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 14<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society and do not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

### Abstract

In this work it was used data from two repeated stations and two magnetic observatories (TTB and KOU). All of them are located along a perpendicular line perpendicular to the DIP Equator and one is located under the EEJ. The third used observatory (VSS) is on the SAMA border. These results are the first from a study of the geomagnetic field variations at dip equatorial latitudes of West Amazonia and a reference in higher latitude.

### Introdução

A existência de uma banda estreita de corrente elétrica fluindo na parte diurna do dia, para leste, com altitude média de 100 km e a de  $\pm 3^\circ$  em relação ao dip equatorial foi sugerida por Chapman em 1951. Essa região recebeu denominação de Eletrojato Equatorial (EEJ) e tem abrangência global. Na mesma região surgem correntes elétricas fluindo em direção contrária fenômeno este chamado de Contra Eletrojato (CEJ).

Este trabalho analisa a variação diurna da componente horizontal (H) do campo geomagnético ao norte e ao sul do dip equatorial no período de 15 a 27 novembro de 2008. Os resultados obtidos são associados à presença do EEJ e a atividade solar considerando que as mudanças na amplitude e fase da variação diurna ocorrem devido à atividade solar. Também é analisada a influência da Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AMAS = SAMA) visto que, atualmente parte da AMAS esta localizada no Brasil. Usamos dados das estações magnéticas de Tatuoca (TTB), Cachoeira do Arari (CAA), Capitão Poço (CAP), Vassouras (VSS) e Kourou (KOU) – na Guiana Francesa. Os dados referentes às estações de CAA e CAP são do Projeto Rebom do Observatório Nacional (ON), além de TTB. Os registros das estações e dos observatórios foram trabalhados no formato IAGA (1 minuto). Todas as informações sobre as estações se encontram na tabela 1.

Tabela 1 – Localização das estações.

Código	Latitude Geográfica	Longitude Geográfica
TTB	1° 12' 00" Sul	48° 30' 00" Oeste
CAA	1° 0' 16" Sul	48° 57' 27" Oeste
CAP	1° 44' 47" Sul	47° 3' 57" Oeste
VSS	22° 24' 16" Sul	43° 39' 48" Oeste
KOU	5° 9' 18" Norte	-52° 38' 52" Oeste

A figura 1 mostra a distribuição geográfica das estações deste trabalho.



Figura 1: Localização geográfica das estações magnéticas em estudo. Figura editada a partir: <https://www.google.com.br/maps/place/South+America/>

### Método

Os registros foram feitos com magnetômetros vetoriais do tipo fluxgate, com período de segundo e convertidos para minuto. Esse instrumento registra as três componentes do campo geomagnético (X, Y e Z). A figura 2 mostra o arranjo experimental utilizado para coletar os dados nas estações. Os dados foram processados usando o MATLAB.



Figura 2: Arranjo Experimental.

A análise dos dados foi realizada usando como referência o Serviço Internacional de Índices Geomagnéticos (ISGI – International Service of Geomagnetic Indices) com o objetivo de identificar os dias calmos e perturbados para o mês de Novembro de 2008. Esses dados foram obtidos a partir do índice planetário Kp. Os dias considerados calmos e perturbados encontram-se no diagrama musical de Bartels. Os cinco dias escolhidos como sendo magneticamente calmos ( $Kp \leq 2+$ ) no período trabalhado estão indicados na Figura 3 com o retângulo vermelho. São esses, os dias 18, 19, 20, 21 e 22 de novembro.

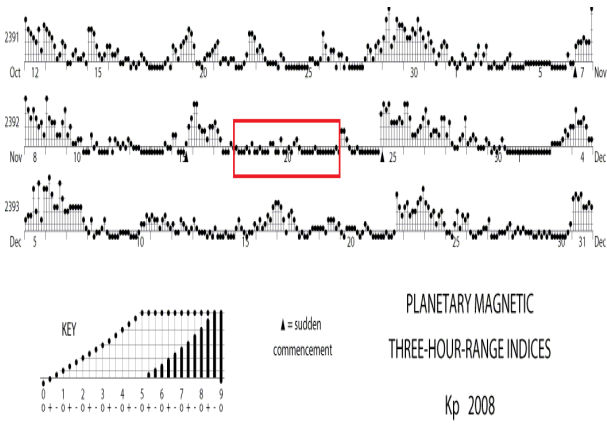


Figura 3: Diagrama musical de Bartels para novembro de 2008. Fonte: GeoForschungsZentrum (GFZ) Potsdam Adolf-Schmidt-Observatorium für Geomagnetismus, Germany.

No período calmo do dia a linha de base dH, segundo Yamazaki, Y et al é avaliada considerando apenas o período em que camada E da ionosfera praticamente desaparece ou seja considera-se apenas a média da componente horizontal nos seis horários noturnos: 00.00, 01.00, 02.00, 22.00, 23.00 e 24.00

$$dH = H(LT) - \frac{H(0) + H(1) + H(2) + H(22) + H(23) + H(24)}{6} \quad (1)$$

Assim, a variação diurna, para cada dia, é considerada com base na equação (1) e este modelo assume que durante a noite, em condições magneticamente calmas, as correntes na ionosfera são muito pequenas e a condutividade na região E praticamente desaparece durante a noite exceto em latitudes aurorais.

A variação diurna obtida para os cinco dias calmos escolhidos encontram-se na Figura 4.

**Resultados**

A Figura 4 mostra que a variação diurna para as estações CAA CAP e TTB apresenta a mesma morfologia. Enquanto, a variação diurna para as estações de KOU e VSS apresenta uma morfologia diferenciada. Nas estações próximas ao dip equatorial o pico dH ocorreu após o meio dia com exceção do dia 21 de novembro em que o pico ocorre um pouco antes das 12 horas (LT). Podemos observar que nas estações mais afastadas o pico dH ocorreu por volta das 12 horas. Nos dias 18, 19 e 20 ocorreu um decréscimo por volta das 6 horas (LT) esse decréscimo ocorreu simultaneamente nas estações de CAA, CAP e TTB. No entanto, não se observa esse decréscimo em KOU e VSS.

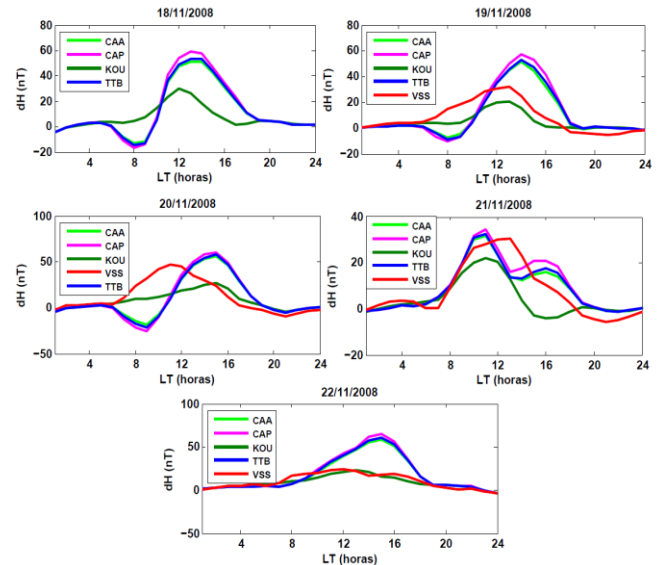


Figura 4: Variação diurna (Sq – Solar quiet) para 5 dias magneticamente calmos.

A figura 5 mostra a amplitude da variação diurna para o período trabalhado. Ocorreu um problema no registro da estação de VSS durante os dias 15, 16, 17, 18, 25 e 26. Devido a esse problema não foi possível obter a amplitude da variação Sq para a estação de VSS nesses dias. Ocorreu um problema semelhante no dia 26 de novembro no registro da estação CAP. Porém, não há

nenhuma indicação de que esses problemas tenham alguma relação entre si.

As estações próximas ao dip equatorial apresentaram uma amplitude maior do que as estações mais afastadas o que já era esperado devido à localização geográfica das estações de trabalho. A estação de CAP apresentou uma amplitude superior a das demais estações durante todos os dias estudados com exceção do dia 26 de novembro em que não foi possível obter o valor da amplitude devido a problemas no registro. Os menores valores obtidos para a amplitude Sq foram das estações de KOU e VSS ambas mais distantes das demais estações.

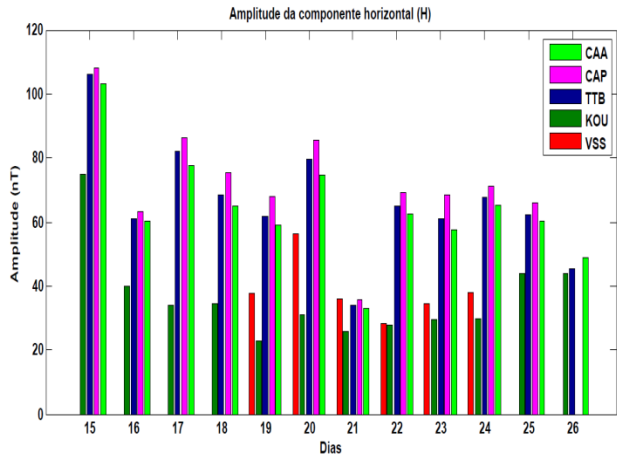


Figura 5: Amplitude da variação diurna da componente horizontal do campo geomagnético.

Por fim, obtemos o coeficiente de correlação entre pares de estações para fins de comparação. As Figuras 6.1 a 6.5 mostram o resultado.

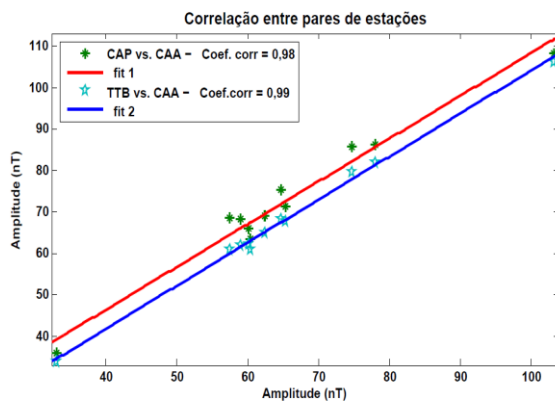


Figura 6.1: Coeficiente de correlação entre pares de estações (CAP vs CAA e TTB vs CAA).

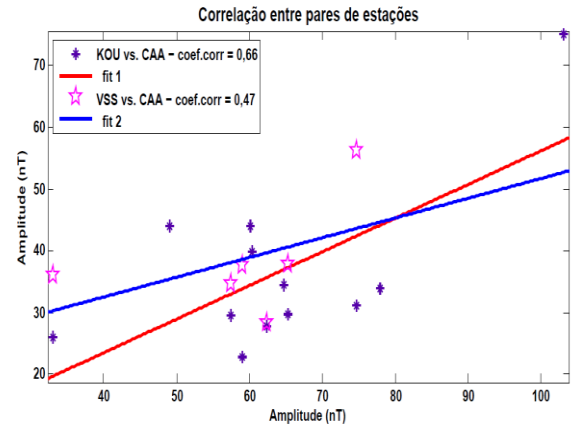


Figura 6.2: Coeficiente de correlação entre pares de estações (KOU vs CAA e VSS vs CAA)

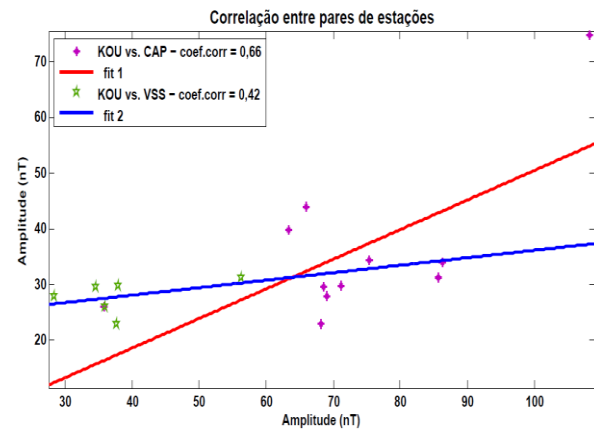


Figura 6.3: Coeficiente de correlação entre pares de estações (KOU vs CAP e KOU vs VSS).

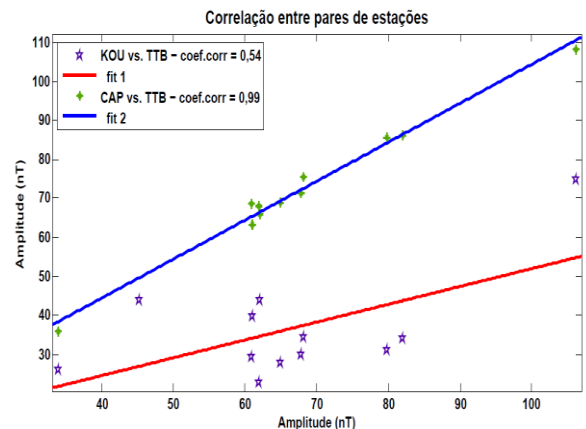


Figura 6.4: Coeficiente de correlação entre pares de estações (KOU vs TTB e CAP vs TTB).

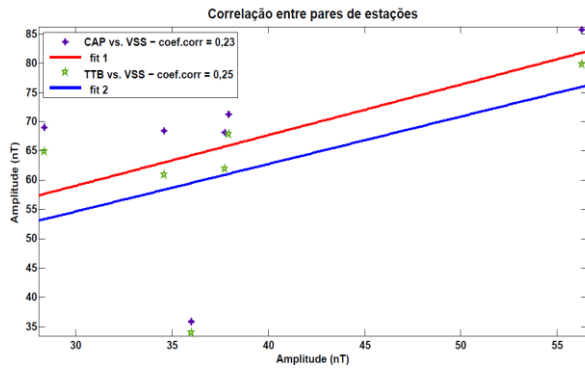


Figura 6.5: Coeficiente de correlação entre pares de estações (CAP vs VSS e TTB vs VSS).

Os melhores coeficientes de correlação obtidos foram entre os seguintes pares de estações: CAP/CAA com coeficiente de correlação igual a 0,98; TTB/CAA com coeficiente de correlação igual a 0,99 e TTB/CAP com coeficiente de correlação igual a 0,99. Esse resultado já era esperado devido à localização geográfica dessas estações. Os piores resultados foram entre os seguintes pares: CAP/VSS com coeficiente de correlação igual a 0,23 e VSS/TTB com coeficiente de correlação igual a 0,25. Esperava-se que o coeficiente de correlação entre VSS e KOU seja menor devido à distância geográfica entre essas estações. No entanto, entre KOU/CAP esperava-se um coeficiente de correlação superior ao obtido. Isso pode ter ocorrido pelo fato de que, não foi possível obter a amplitude da variação diurna da estação de Vassouras para alguns dias devido a problemas no registro com isso, não obtivemos os valores da variação da componente horizontal nos respectivos dias. Visto que o software utilizado (MATLAB) trabalha com matrizes para realizar tal comparação no software é necessário que os dados tenham o mesmo número de elementos. Por isso, ao comparar estações aos pares com VSS tivemos que excluir dados a fim de ter o mesmo número de elementos.

## Conclusões

Através da análise feita a partir da morfologia das variações magnéticas da componente horizontal observamos que as estações CAA, CAP, TTB apresentaram uma morfologia bastante semelhante. Os coeficientes de correlação obtidos, entre pares de estações, confirmam a relação entre estas estações. Entretanto, VSS e KOU apresentaram uma morfologia muito diferenciada. Deve-se observar que VSS se encontra na região de borda da AMAS, portanto, espera-se que o campo magnético nessa região seja menos intenso. Quanto as estações CAA, CAP e TTB, pela localização, são fortemente influenciadas pelo EEJ logo, a intensidade da componente horizontal do campo é maior quando comparadas com os locais que não sofrem esta influência.

## Agradecimentos

Ao projeto Rebom e os técnicos e aos técnicos Ronaldo Marins de Carvalho e Elizabeth Cunha Lima que realizaram as medições nas estações de repetição.

## Referências

Chapman S 1951 The equatorial electrojet as detected from the abnormal electric current distribution above Huancayo, Peru and elsewhere; *Arch. Meteorol. Geophys. Bioklimatol.* **A4** 368–390.

Gouin P, Reversal of magnetic daily variation of Addis – Ababa, *Nature (UK)*, 193 (1962) pp 1145-1146.

R.G. Rastogi, H. Chanand K. Yumoto - et al. Equatorial electrojet in east Brazil longitudes. *J. Earth Syst. Sci.* 119, Nº. 4, August 2010.

D. Olivia, M.A. Espírito Santo and A. R. R. Papa, physics – space, 16 Apr 2014, Daily Variations of the Geomagnetic Field in the Brazilian zone.

R.G Rastogi, H Chandra, M. E. James , K. Kitamura, and K Yumoto – Characteristics of the equatorial electrojet current in the central region of South America.

International Service of Geomagnetic Indices. Disponível no URL: <http://isgi.latmos.ipsl.fr/lesdonne.htm>

H. Chandra, Som Charma and Soe win Aung - F – region variability over the anomaly crest region – *Indian Journal of Radio and Space Physics*.

Max van de Kamp, Liisa Juusola and Kirsti Kauristie – ECLAT Deliverable 310.1: Description of 1D and 2D equivalent current data generation.

Space Weather Prediction Center. Disponível no URL: [http://www.ngdc.noaa.gov/nndc/struts/results?op\\_0=l&v\\_0=reports\\_solar\\_geophysical\\_activity&eq\\_1=2008&eq\\_2=11&t=102827&s=2001&d=2002,2001,9](http://www.ngdc.noaa.gov/nndc/struts/results?op_0=l&v_0=reports_solar_geophysical_activity&eq_1=2008&eq_2=11&t=102827&s=2001&d=2002,2001,9) .

Y. Yamazaki, K. Yumoto, M. G. Cardinal – An empirical model of the quiet daily geomagnetic field variation.