



Observações de Distúrbios Ionosféricos Viajantes de Meso Escala, durante tempestades geomagnéticas em Agosto de 2002 sobre a Amazônia Central (2,9° S, 60,0° W) próxima a região equatorial, com dados de ionossonda digital.

Newton Silva de Lima¹, Alan dos Santos Ferreira¹ Matheus da Rocha Pietzsch¹

(¹)Centro Universitário Luterano de Manaus – ULBRA

Av. Carlos Drummond de Andrade, 1460 (Japiim II – Conj. Atílio Andreazza)

CEP 69077-730 Tel. (92) 3616-9800 Manaus Amazonas – Brasil

e-mail: newtonulbra@gmail.com

Copyright 2014, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no VI Simpósio Brasileiro de Geofísica, Porto Alegre, 14 a 16 de outubro de 2014. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do VI SimBGf, mas não necessariamente representa a opinião da SBGf ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGf.

Resumo

Observações ionosféricas utilizando uma ionossonda digital (CADI - Canadian Advanced Digital Ionosonde) com dados adquiridos na Estação Ulbra-Univap (2,9° S, 60,0° W) em Manaus (Brasil), situada entre os equadores geográfico e magnético em Agosto de 2002, durante o período de máxima solar no ciclo # 23. Este papel apresenta e discute a relação entre propagação de MSTID (Meso Scale Travelling Ionospheric Disturbance) em alturas ionosféricas durante evento de tempestades geomagnéticas no setor brasileiro da região equatorial.

Introdução

O mosaico em estudo compreende a Amazônia Central, na região de Manaus, (Latitude 2,9° S e Longitude 60,0° W). Ponto intermediário entre os equadores geográfico e magnético, intrinsecamente importante no escopo da investigação ionosférica na região equatorial do setor brasileiro com formações de fenômenos de alta atmosfera (O eletrojato equatorial; O excesso de formação de Bolhas de Plasma Equatorial; O efeito fonte).

A Amazônia está situada em uma região de máximo na distribuição global de ocorrência das bolhas de plasma, ou seja, no Brasil ocorrem mais bolhas que em qualquer outra região do planeta (BURKE *et al.*, 2004).

As irregularidades mencionadas acima são regiões onde a densidade do plasma é menor que a densidade ambiente e são alinhadas ao meridiano magnético. Estas irregularidades são geradas na região equatorial, logo após o entardecer e se propagam normalmente para leste até se dissiparem (Fig. 2). É amplamente aceito que estas irregularidades são geradas pela instabilidade do tipo Rayleigh-Taylor e que a rápida subida da camada F após o entardecer e ondas de gravidade são os principais ingredientes para a o crescimento da instabilidade. Estas irregularidades também são chamadas de espalhamento-F (Spread-F) devido ao traço difuso nas isofrequências. Como muito dos fenômenos que ocorrem na alta atmosfera/ionosfera estão intimamente ligados com o campo magnético terrestre é importante ressaltar que o

equador magnético encontra-se em um movimento de 20' por ano (Batista *et al* 2006); fato de observação que em 1950 ele passava em Natal (RN), nos anos de 1990 sobre a cidade de São Luiz no Maranhão, hoje se aproxima da cidade de Belém do Pará. É um comportamento geomagnético da estrutura terrestre ainda pouco compreendido pelos pesquisadores.

Resultados

As perturbações ionosféricas oscilantes como ondas de gravidade (OG) e os distúrbios ionosféricos viajantes (TID – Travelling Ionospheric Disturbances), são tratados por alguns pesquisadores como sinônimos (KELLEY, 1989, HARGREAVES, 1992). As TID, que são vibrações ondulatórias de período de ordem de horas a minutos, são produzidas em períodos geomagnéticos perturbados por efeito Joule em altas latitudes e viajam na direção equatorial, enquanto que as OG, geralmente têm suas origens em baixa atmosfera por ventos troposféricos, frentes frias ou convecção tropical (FAGUNDES *et al.*, 2007). Hines (1960) acrescenta que as OG originam por transferência de *momentum* e por gradientes de pressão e gravidade em meio anisotrópico. Fagundes (2007) propõe estudar ondas de gravidade e TID, através de issolinhas obtidos por ionossonda digital, utilizando análises gráficas de isofrequências, que são seguidas neste artigo. Como o previsto os resultados obtidos para os dias 02 e 21 de Agosto de 2002 para a latitude estudada foi confirmado pelos gráficos de isofrequências (Fig.1 e Fig 3) e a Transformada em Ondeleta de Morlet (Fig. 2) para o mês de Agosto de 2002.

Discussão e Conclusões

Na América do Sul, no setor brasileiro sobre Manaus, no mês de Agosto de 2002 houve desenvolvimento de 2 momentos de fortes SSC (*instante súbito de tempestade*) e *Dst* (*tempestade geomagnética*) que são registrados com um aparecimento de irregularidades no plasma ionosférico, com surgimento de *Spread-F* e Es no horário noturno (00h local – 06h local) com formação de “*Spread-F*” durante as noites de *Dst*. Com o desenvolvimento da *Dst* entre os dias 02 e 03; 20 e 21 de Agosto de 2002, quando tornam-se bem mais definidas, as observações da fase de recuperação durante os dias seguidos das tempestades geomagnéticas, com formação de *Spread-F*, camada Es

em altura de aproximadamente 100 km (E esporádica) (Fig. 1).

A assinatura dos distúrbios ionosféricos viajantes são fortemente percebidos nos dias 02 e 21 de Agosto de 2002 durante a madrugada destes dias, com fortes "Spread F" das isofrequências nas faixas (3, 4, 5, 6, 7 e 8 MHz) varriadas pela ionossonda durante movimentação quase-periódicas (cristas e vales) no plasma ionosférico sobre o alvo (Manaus-Brasil) que apresenta diferença de fase e forte espalhamento, podendo ser indicada a instabilidade do tipo Rayleigh-Taylor na formação de bolhas de plasma, comum nesta latitude.

Os resultados analisados no período de observação (2002) mostram importantes informações de *Spread -F* decorrente da posição da estação de aquisição, que se encontra entre o equador magnético e o equador geográfico, durante período geomagneticamente excitado principalmente durante as tempestades magnéticas (*Dst*). Os resultados mostram que a propagação de MSTID durante as *Dst*, em período de máxima solar (ciclo de 11 anos), denota variação sazonal de *Spread-F* e *Es*, com é observado no mês de Agosto 2002.

Agradecimentos

Aos Doutores Paulo R. Fagundes, José Abalde, Yogeshwar Sahai (in memória), Valdir G. Pillat (UNIVAP-SJC/SP) e FAPESP pelo suporte e manutenção do equipamento na estação de Manaus. Ao Dr. Maurício Bolzan pelas informações sobre Transformada em Ondeleta. Ao CEULM/ULBRA pelo apoio a pesquisa.

Referências

Batista, I. S. 2006. Por que a pesquisa ionosférica na região brasileira é tão importante? II Simpósio Brasileiro de Geofísica Espacial e Aeronomia - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, SP, Brasil, 24 de outubro de 2006. http://www.sbgf.org/IIsbgea_2006.pdf. (acesso: em janeiro de 2007)

Burke, W. J.; Huang, C. Y.; Gentile, L. C. and Bauer, L., 2004. Seasonal-longitudinal variability of equatorial plasma bubbles. *Annales Geophysicae* 22, 3089–3098. anomaly data sets by moving-window applications of Poisson's theorem. *Geophysics*, 46: 30-39.

Fagundes, P.R., Klausner, V., Sahai, Y., Pillat, V. G., Becker-Guedes, F., Bertoni, F.C., Bolzan, M. J. A., Abalde, J. R. 2007. Observations of daytime F2-layer stratification under the southern crest of the equatorial ionization anomaly region, *Journal of Geophysical Research*, vol 112, doi:10.1029/2006JA011888.

Hargreaves, J. K. 1992. *The solar-terrestrial environment*, Cambridge : Cambridge University Press, v.5, 420p.

Hines, C. O. 1960.. *The upper atmosphere in motion*, *Canadian Journal of Geophysical*, v.38, 1441p.

Kelley, M. C. 1989. *The Earth's Ionosphere Plasma Physics and Eletrodynamics*, Academic Press, San Diego – USA – California, 487p.

Figuras

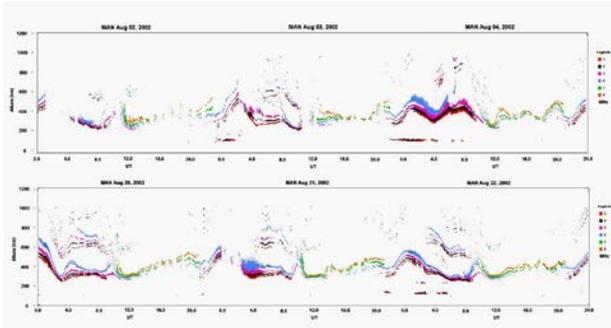


Fig. 1 – Variação da altura virtual ($h'F$) nas frequências de 3, 4, 5, 6, 7 e 8 MHz referentes ao mês de Agosto de 2002 (Fonte: ULBRA/UNIVAP, 2002. Manaus-Brasil).

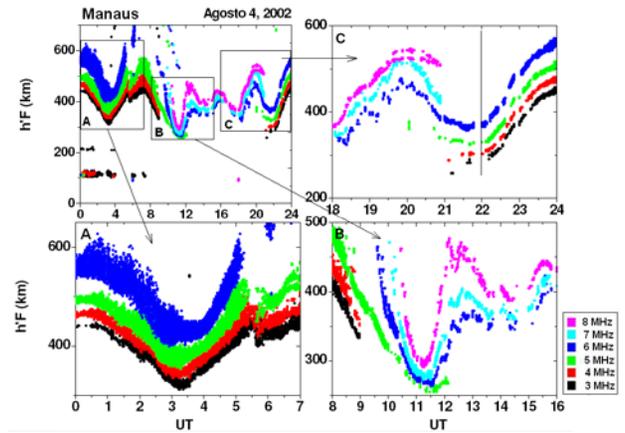
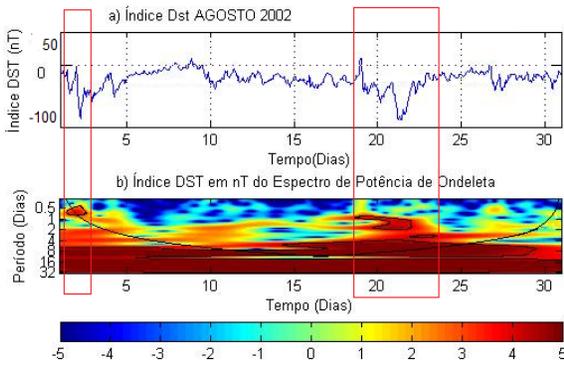


Fig. 3 –Variação da altura virtual ($h'F$) nas frequências de 3, 4, 5, 6, 7 e 8 MHz referentes a 4 de agosto de 2002. Fig. 3 A – Mostra a ocorrência de irregularidades ionosféricas de larga escala (“*Spread-F*”). Fig. 3 B – Mostra a propagação de ondas de gravidade. Fig. 3 C – A ressonância do comportamento do pico pré-reversão.



(Fonte): http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst_final/200208/index.html

Fig. - 2: Série temporal de Índice Dst (Disturbance Storm Time) do mês de Agosto de 2002, com Transformada em Ondeleta de “Morlet”, com detalhes dentro do cone de confiabilidade trás os ênfases entre os dias 1 e 3 em seguida entre os dias 19a 23 das tempestades geomagnéticas nestes dias.