

# ESTUDO COMPARATIVO DA OCORRÊNCIA DE ESPALHAMENTO DO TIPO RANGE NA REGIÃO-F NOS SETORES BRASILEIRO E JAPONÊS

**Rodolfo de Jesus<sup>1,2</sup>, Yogeshwar Sahai<sup>3,2</sup>, Paulo Roberto Fagundes<sup>2</sup>, Valdir Gil Pilat<sup>2</sup>, Kiyoshi Igarashi<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Bolsista, CAPES, rodolfodejesus21@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Universidade do Vale do Paraíba/IP & D, Avenida Shishima Hifumi, 2911, Urbanova, São José dos Campos, SP, 12244-000

<sup>3</sup>Orientador, sahai@univap.br

<sup>4</sup>National Institute of Information and communications Technology (NICI), Koganei. Tokyo, Japão.

**Resumo-** O objetivo desta investigação consiste em estudar as ocorrências do aparecimento de “spread-F” do tipo “range” (spread-F) em São José dos Campos (SJC, hemisfério sul), Brasil e Okinawa (OKI, hemisfério norte), Japão, durante o período de atividade solar alta (ASA; outubro de 2000 à setembro de 2001) e atividade solar baixa (ASB; março de 2005 à fevereiro de 2006). As duas estações estão separadas em aproximadamente 180° em longitude (a diferença entre as duas estações é de 12:00 horas locais). As comparações durante ASA e ASB em SJC mostram que a presença de spread-F está mais forte, em geral, durante ASA do que ASB, no entanto em OKI as ocorrências de spread-F, em geral, durante ASA e ASB não apresentam muita diferença. As comparações entre SJC e OKI durante ASA mostram que enquanto em SJC apresenta máxima ocorrência de spread-F no solstício de dezembro em OKI durante este período praticamente não existe a ocorrência de spread-F. Por outro lado durante os meses de maio até agosto (solstício de junho) normalmente não ocorre spread-F em SJC, mas durante o período de julho até setembro tem ocorrência de spread-F em OKI. As comparações entre SJC e OKI referente ASB não mostram tendências de diferença tão clara.

**Palavras-chave:** Camada-F, ionossonda digital

**Área do Conhecimento:** Ciências Exatas e da Terra

## Introdução

O trabalho pioneiro [1] em 1938 utilizando observações de sondagens ionosféricas em Huancayo, Peru, ( região do equador magnético) mostraram a presença dos traços de espalhamento na região-F, que indica a presença de irregularidades ionosféricas que são denominadas como “spread-F”. As irregularidades de grande escala conhecidas como “spread-F” do tipo “range” (spread-F) são chamadas ultimamente de bolha de plasma trans-equatorial, onde a densidade eletrônica na região é muito baixa comparando com as regiões adjacentes. As irregularidades ionosféricas de grande escala são iniciadas e evoluem na região equatorial magnética independentemente da tempestade geomagnética. Mas em algumas ocasiões foram observadas iniciação ou supressão das irregularidades ionosféricas equatorial durante tempestade geomagnética [2]. Durante os últimos setenta anos foram obtidos um grande avanço nessa área de pesquisa, mas ainda existem muitos assuntos que necessitam de mais estudos [3 – 12].

Como discutido por [13] existe três níveis de “spread-F” que são observadas na região equatorial e de baixa latitude: total BBSF (bottom side spread-F) e forte BSSF, ambas observadas

próximo ao equador magnético dip, e se a forte BSSF evolui as bolhas macroscópica são observadas na região da anomalia ionosférica equatorial.

Neste artigo nós temos estudado a comparação da ocorrência de “spread-F” do tipo “range” (sprea-F) sobre São José dos Campos (SJC, hemisfério sul), Brasil (23,2° S, 45,9° W; latitude dip 17,6° S) localizado na região sul da anomalia ionosférica equatorial, com ocorrência de “spread-F” do tipo “range” sobre Okinawa (OKI, hemisfério norte), Japão (26,3° N, 127,8° E; latitude dip 21,2° N). Os estudos incluem a atividade solar alta (ASA) entre os meses de outubro de 2000 a setembro de 2001 e atividade solar baixa (ASB) entre os meses de março de 2005 a fevereiro de 2006. Pode-se indicar como mencionado anteriormente que a presença de “spread-F” do tipo “range” nessas duas localidades são indicadores da ocorrência de bolhas de plasma.

O objetivo principal das comparações na ocorrência de “spread-F” do tipo “range” entre as duas localidades situadas na região da anomalia equatorial será importante para os estudos das bolhas de plasma relacionadas com as variações longitudinais e ciclo solar.

## Materiais e Métodos

Este trabalho foi desenvolvido utilizando os dados obtidos da *Canadian Advanced Digital Ionsonde (CADI)*; [14] instalada em SJC e utilizando o site <http://wdc.nict.go.jp/cgi-bin/ionog/manualfv> para coletar os dados de Okinawa (Japão). Os dados analisados foram obtidos durante os meses de outubro de 2000 à setembro de 2001 e março de 2005 à fevereiro de 2006 para atividade solar alta e baixa, respectivamente. Os ionogramas obtidos da CADI são analisados utilizando-se o programa *Univap Digital Ionsonde Data Analysis (UDIDA)*. O parâmetro ionosférico analisado nesse trabalho foi observar a presença de "spread-F" do tipo "range" nos ionogramas obtidos em SJC e Okinawa. A Figura 1 mostra um exemplo de um ionograma típico obtido em SJC com "spread-F" do tipo "range".

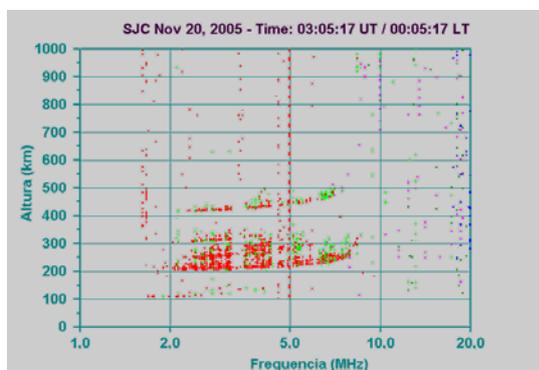


Figura 1- Ionograma típico obtido em São José dos Campos durante a noite em 20 de novembro de 2005, às 03:05 Universal Time (UT).

A Figura 2 mostra a variação da atividade solar utilizando as emissões solares na frequência de 2800 MHz (10,7 cm) durante o período de janeiro de 1995 a maio de 2006.

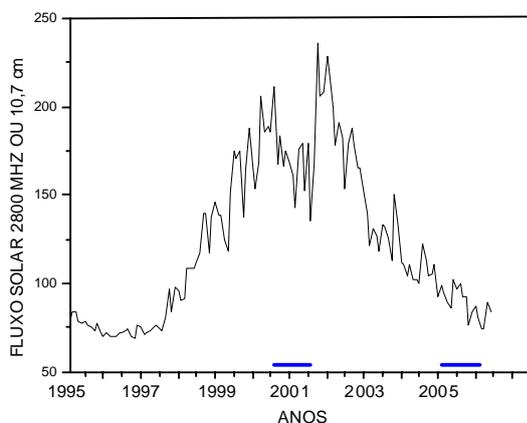


Figura 2- Atividade solar de janeiro de 1995 à maio de 2006. Os meses analisados são indicados em azul.

## Resultados

A Figura 3 mostra o período total das horas observadas (azul) em SJC, consideradas nessas investigações (19:00 hora local até 5:00 hora local) para diferentes meses durante o período de ASA. A Figura 3 também mostra as horas total com presença de "spread-F" do tipo "range" (preto) e a porcentagem da ocorrência de "spread-F" do tipo "range" em cada mês durante ASA.

Similarmente as Figura 3, Figuras 4, Figura 5 e Figura 6 mostram a presença de "spread-F" do tipo "range" em Okinawa (ASA), SJC (ASB) e Okinawa (ASA), respectivamente.

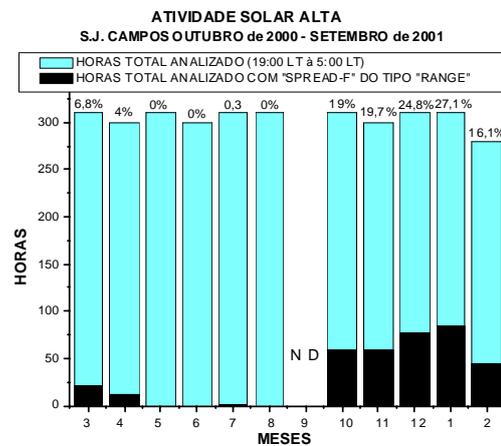


Figura 3- Variações do "spread-F" do tipo "range" observadas em SJC durante os meses de outubro de 2000 à setembro de 2001. No mês de setembro de 2001 não teve dados observado.

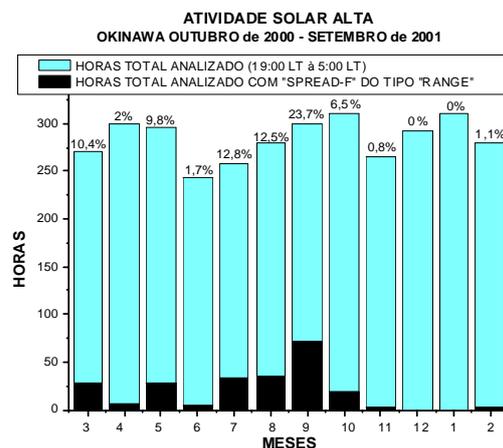


Figura 4- Variações do "spread-F" do tipo "range" observadas em Okinawa durante os meses de outubro de 2000 à setembro de 2001.

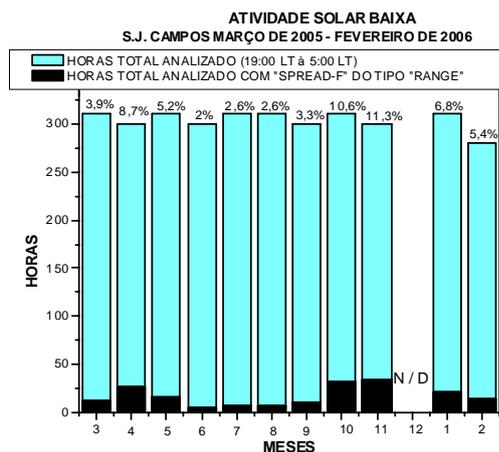


Figura 5- Variações do "spread-F" do tipo "range" observadas em SJC durante os meses de março de 2005 à fevereiro de 2006. No mês de dezembro de 2005 não teve dados observados.

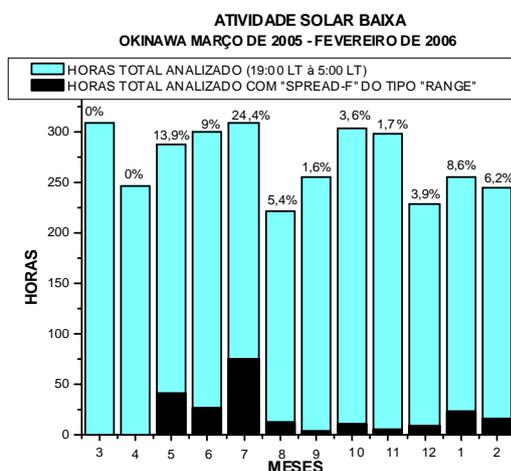


Figura 6- Variações do "spread-F" do tipo "range" observadas em Okinawa durante os meses de março de 2005 à fevereiro de 2006.

## Discussão

As comparações da Figura 3 com a Figura 5 mostra aumento na presença de spread-F em SJC durante os meses de outubro até abril, mas a presença de spread-F está mais forte durante ASA do que ASB. Estes resultados estão de acordo com o trabalho [14] que utilizou as observações de imageamento do tipo céu total da emissão 6300 nm.

As comparações das Figura 4 e Figura 6 não mostram tendência clara da variação sazonal em Okinawa durante ASA e ASB. A Figura 4 mostra máximo em setembro durante ASA e a Figura 6 mostra máximo em julho durante ASB. Também pode-se mencionar que as ocorrências de spread-F em geral em Okinawa durante ASA e ASB não apresentam muita diferença. Estes resultados são bem diferente do que os resultados apresentamentos em [15] e [16], que mostraram

diminuição na ocorrência de spread-F durante ASA comparando com ASB.

As comparações das Figura 3 e Figura 4 referente a ASA mostram máxima ocorrência de spread-F durante os meses de dezembro e janeiro em SJC (solstício de dezembro) mas a máxima ocorrência de spread-F em Okinawa ocorre durante o mês de setembro (equinócio). As Figuras também mostram que enquanto em SJC apresenta máxima ocorrência de spread-F no solstício de dezembro em Okinawa durante este período praticamente não existe a ocorrência de spread-F. Por outro lado durante os meses de maio até agosto (solstício de junho) normalmente não ocorre spread-F em SJC mas durante o período de solstício de junho tem ocorrência de spread-F em Okinawa.

As Figura 5 e Figura 6 referente a ASB não mostram tendências de diferença tão clara entre SJC e Okinawa. Pode-se mencionar a ocorrência máxima em spread-F durante o mês de julho em Okinawa..

As diferenças sazonais entre as ocorrências de spread-F observadas nos dois setores estão possivelmente relacionadas com a diferença na declinação magnética [17] ou diferença no vento meridional [18].

## Conclusão

Neste trabalho foi apresentado o estudo das ocorrências do aparecimento do "spread-F" do tipo "range" (spread-F) em São José dos Campos (SJC, hemisfério sul), Brasil e Okinawa (OKI, hemisfério norte), Japão, durante o período de atividade solar alta (ASA; outubro de 2000 à setembro de 2001) e atividade solar baixa (ASB; março de 2005 à fevereiro de 2006). As duas estações estão separadas em aproximadamente 180° em longitude (a diferença entre as duas estações é de 12:00 horas locais).

O estudo atual apresentou que as comparações durante ASA e ASB em SJC mostram que a presença de spread-F está mais forte, em geral, durante ASA do que ASB, no entanto em OKI as ocorrências de spread-F, em geral, durante ASA e ASB não apresentam muita diferença.

As comparações entre SJC e OKI durante ASA mostram que enquanto em SJC apresenta máxima ocorrência de spread-F no solstício de dezembro em OKI durante este período praticamente não existe a ocorrência de spread-F. Por outro lado durante os meses de maio até agosto (solstício de junho) normalmente não ocorre spread-F em SJC, mas durante o período de julho até setembro tem ocorrência de spread-F em OKI.

As comparações entre SJC e OKI referente ASB não mostram tendências de diferença tão clara.

## Referências

- BOOKER, H.G., WELLS, H.W., 1938. Scattering of radio waves by the F-region of the ionosphere. *J. Geophys. Res.* 43,249-256.
- MARTINIS, C.R., MENDILLO, e AARONS, J. Toward a synthesis of equatorial spread-F onset and suppression during geomagnetic storms. *Journal of geophysical research*, vol. 110, A07306, doi: 10.1029/2003JA010362, 2005.
- OSSAKOW, S.L., CHATURVEDI, P.K, 1978. Morphological studies of rising equatorial spread-F bubbles. *J. Geophys. Res.* 83, 2085-2090.
- TSUNODA, R.T., BARON, M.J., OWEN, J., TOWEL, D.M., 1979. ALTAIR: an incoherent scatter radar for equatorial spread-F. *Radio Sci.* 14, 1111-1119.
- KELLEY, M.C., LARSEN, M.F., LAHOZ, C., McCLURE, J.P., 1981. Gravity wave initiation of equatorial spread-F: A case study. *J.Geophys. Res.* 86, 9087 – 9100.
- TSUNODA, R. T., LIVINGSTON, R.C., McCLURE, J.P, e HANSON, W.B.: Equatorial plasma bubbles: Vertically elongated wedges from the bottomside F layer, *J. Geophys. Res.*, 87, 9171-9180, 1982.
- MENDILLO, M., BAUMGARDNER, J., 1982. Airglow characteristics of equatorial plasma depletions. *J. Geophys. Res.* 87, 7641-7652.
- KELLEY, M.C., 1985. Equatorial spread-F: Recent results and outstanding problems. *J. Atmos. Terr. Phys.* 47, 745-752.
- HANSON, W.B., CRAGIN, B.L., DENNIS, A., 1986. the effects of vertical drift on the equatorial F-region stability. *J. Atmos. Terr. Phys.* 48, 205-212.
- RAGHAVARÃO, R., GUPTA, S.P., SEKAR, R., NARAYANAN, R., DESAI, J.N., SRIDHARAN, R., BABU, V.V., SUDHAKAR, V., 1987. In-situ measurements of winds, electric fields and electron densities at the onset of equatorial spread-F. *J. Atmos. Terr. Phys.* 49, 485-492.
- SULTAN, P.J., 1996. Linear theory and modeling of the Rayleigh-Taylor instability leading to the occurrence of equatorial spread-F. *J. Geophys. Res.* 101, 26,875-26,891.
- BITTENCOURT, J.A., SAHAI, Y., FAGUNDES, P.R., TAKAHASHI, H., 1997. Simultaneous observations of equatorial F-region plasma depletions and thermospheric winds. *J. Atmos. Terr. Phys.* 59, 1049-1059.
- WHALEN, A. JAMES. Dependence of equatorial bubbles and bottomside spread-F on season, magnetic activity, and E x B drift velocity during solar maximum. *Journal of geophysical research*, vol. 107, n0. A2, 10.1029/2001 JA000039, 2002.
- SAHAI, Y., FAGUNDES, P.R., BITTENCOURT, J.A., 2000. Transequatorial F-region ionospheric plasma bubbles: solar cycle effects.
- IGARASHI, K., KATO, H. Solar cycle variations and latitudinal dependence on the mid-latitude spread-F occurrence around Japan.
- HUANG, Y.N., CHENG, K., HUANG, W.T, 1987. Seasonal and solar cycle variations of spread F at the equatorial anomaly crest zone.
- TSUNODA, R.T., 1985. Control of the seasonal and longitudinal occurrence of equatorial scintillations by the longitudinal gradient in integrated E region Pedersen conductivity. *H. geophys. Res.* 90, 447-456.
- MARUYAMA, T., MATURA, N., 198. Longitudinal variability of annual changes in activity of equatorial spread-F and plasma bubbles. *J. geophys. Res.* 89, 10,903-10,912.