

O Comportamento da Altura Mínima da Camada F (h'F) na Presença das Bolhas de Plasma

Corrêa, C.O.¹, Sobral, J.H.A.¹, Castilho, V.M.B.¹, Monteiro, V.G.¹
¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - S. J. Campos - SP

Copyright 2009, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 11th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, August 24-28, 2009.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 11th 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

There was done a study about frequency of occurrence of eastward and westward traveling depletions for the year 2004 at São João do Cariri, Brazil. It will be presented a graph that compare the height minimum of F layer (h'F) with the frequency of occurrence of eastward and westward traveling depletions. The objective of this study is to relate the occurrences of plasma bubbles (traveling depletions) with the variation of the minimum height of layer F.

Introdução

O fenômeno natural, conhecido como bolhas de plasma, ou bolhas ionosféricas, foi descoberto sobre o território brasileiro pelo grupo de estudos ionosféricos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, por meio de observações de aeroluminescência.

A atmosfera eletricamente neutra da Terra pela ação das fontes ionizantes solares e cósmicas, geram íons e elétrons, a partir da altura de aproximadamente 60 km., criando, dessa forma, a ionosfera terrestre. A ionosfera, portanto foi descoberta no início do século XX por interferir na radio propagação e esta situada aproximadamente entre 60 Km a 800Km de altura.

Durante o dia, a ionosfera é mais densa, concentram se elétrons e íons livres devido à presença da radiação solar. Após o pôr-do-sol, a ionosfera começa a desaparecer por recombinação entre elétrons e íons, e, na região tropical, ela sobe repentinamente de altura com uma velocidade muito grande em cuja condição forma-se a bolha.

As bolhas de plasma são enormes regiões de vazio de plasma e surgem após o pôr-do-sol, desenvolvem-se no equador magnético e podem se estender pôr milhares de quilômetros ao longo das linhas de força do campo magnético terrestre com evolução na direção leste-oeste. A bolha interfere nas telecomunicações via satélite por difração das ondas (eletromagnéticas) das telecomunicações, causando-lhes forte alteração tanto de amplitude como de polaridade, o que gera os ruídos.

A teoria de Rayleigh-Taylor explica como pequena estabilidade na base da região F Ionosférica pode gerar essas bolhas. Tal teoria considera um meio menos denso localizado abaixo de um meio mais denso, numa situação

de equilíbrio instável. Em condições especiais, uma pequena perturbação inicial pode desenvolver-se, permitindo que o fluido menos denso penetre no mais denso.

Nos dados em estudo apresenta os processos dinâmicos das bolhas de plasma, sendo essas podendo derivar para leste ou para oeste devido a diversos fenômenos complexos que regem a dinâmica e morfologia da ionosfera.

Metodologia

Este estudo foi baseado em observações ópticas de aeroluminescência Ol630nm (imageador), identificando bolhas de plasma, obtidas na região de São João Cariri (latitude 7°23'27"S, longitude 36°31'58"O), como mostra a figura 1, e nas observações de radiofrequência (digissonda), analisando o comportamento de h'F (altura mínima da camada F da ionosfera) através do software SÃO, na redução de ionogramas, como mostra a figura 2, obtidas na região de São Luís (latitude 2°31'47"S, longitude 44°18'10") pelo fato de não haver digissonda operando em São João do Cariri.

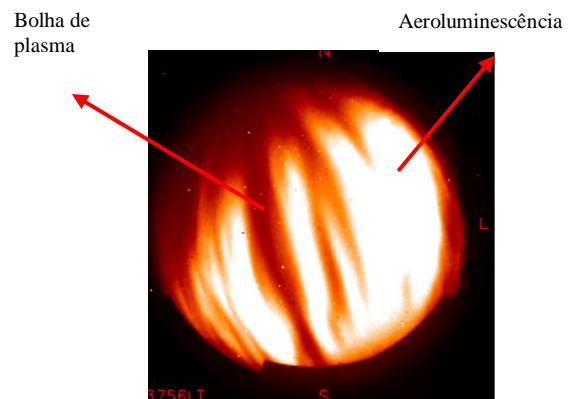


figura 1- Foto ilustrativa das bolhas de plasma (estrias escuras) e da camada fotoemissivas (Aeroluminescência)

FONTE: desenvolvida no INPE.

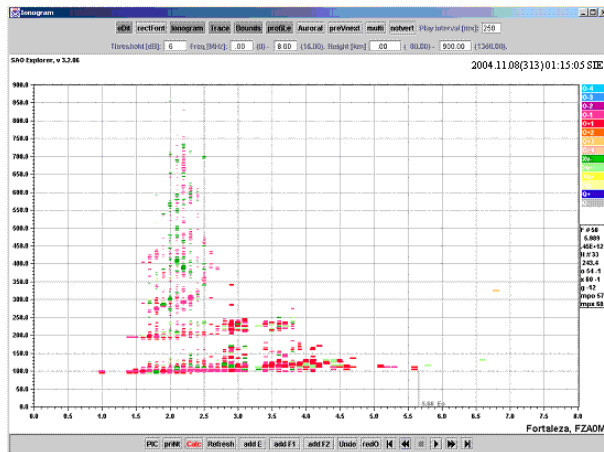


Figura 2: Ionograma do dia 08/11/2004 relacionando h'F versus frequência.

Com os dados das observações do imageador e digisonda foram desenvolvidas tabelas, com horários, tempo de observação, frequência e números de ocorrências de bolhas para leste e oeste, altura mínima da camada F, índices Dst (nT) e ΣKp . Com o auxílio das tabelas geradas foram desenvolvidos gráficos, onde para demonstração será apresentado somente um gráfico, os demais serão apresentados em forma de pôster no dia da apresentação.

O Índice Kp que foi analisado, é um número proporcional ao grau de perturbação global do campo magnético terrestre, obtidos por alguns observatórios espaciais internacionais. Os valores de Kp é uma média de valores obtidos no espaço de tempo de três horas, começando à zero hora. Portanto o dia (24 horas) tem 8 valores de Kp, que somados constitui o que se domina ΣKp . Para esse trabalho o Índice KP foi consultado na página citada conforme dia, mês e ano a ser solicitado:

<http://swdcwww.kugi.kyoto-u.ac.jp/kp/index.html>

O Índice Dst (Disturbance Storm Time), que também foi utilizado no trabalho, é um número proporcional ao grau de perturbação do campo geomagnético equatorial obtido por uma cadeia de magnetômetros localizados ao longo da região equatorial. O índice Dst representa as perturbações sofridas pela corrente anelar definindo a presença de tempestades magnéticas. Foi consultado na página citada conforme dia, mês e ano a ser solicitado:

<http://swdcwww.kugi.kyoto-u.ac.jp/dstae/index.html>

São 122 noites analisadas no ano de 2004, há 63 noites com ocorrência de bolhas, sendo 54 noites para leste e 9 para oeste, as demais noites foram descartadas devido as interferências como nuvens que atrapalham a visualização dessas bolhas ou falta de dados da digisonda para o cálculo de h'F. O gráfico elaborado apresenta :

- Valores da frequência de ocorrências das bolhas para leste e oeste durante o ano de 2004;
- Valores da frequência em (%) de ocorrências das bolhas para leste e oeste durante o ano de 2004
- Valores médios de h'F para o ano de 2004 dos dias que ocorreram bolhas para leste e oeste;

- Curva h'F para o ano de 2004 dos dias que ocorreram bolhas para leste.
- Devido a falta de dados da digisonda e interferência de nuvens não foi possível traçar curva de h'F para o ano de 2004 dos dias que ocorreram bolhas para oeste.

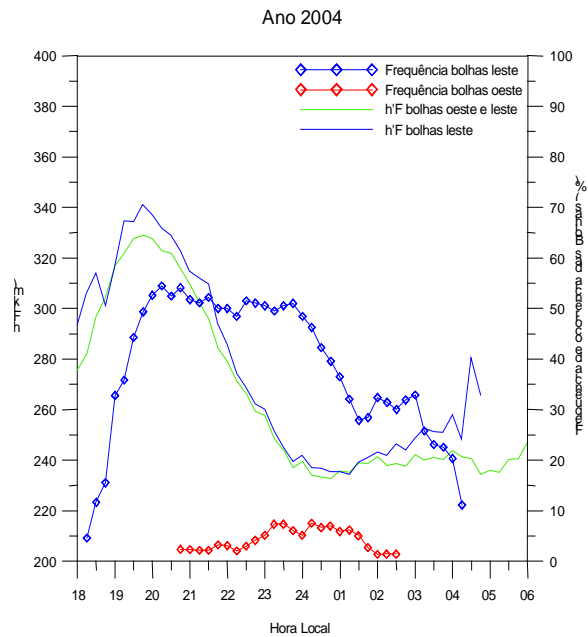


Figura 2 - Gráfico relacionando as frequência e alturas mínimas da camada F versus hora local.

Resultados

Das 122 noites observadas, há 9 noites com ocorrência de bolhas para Oeste e 54 noites com ocorrência de bolhas para leste e entre essas, 4 noites também com ocorrência para Oeste totalizando 67 ocorrência de bolhas de plasma.

No gráfico apresenta valores de frequência de bolhas de plasma para oeste e leste e observa-se que as ocorrências de bolhas para oeste ocorrem entre 20:30h-02:30h e para leste entre 18:00h-04:30h.

Com os dados estatísticos e a partir das observações de radiofrequência (digisonda) foi possível traçar a média de h'F para o ano de 2004, e curva de h'F dos dias que ocorreram bolhas para oeste, conforme apresentado na figura 2.

Como, durante o dia, o campo elétrico gerado pelos ventos neutros de marés é na direção oeste - leste e o campo magnético é dirigido para o norte, a deriva $\vec{E} \times \vec{B}$ provoca um deslocamento para cima no plasma. Por outro lado, durante a noite, o campo elétrico é gerado pelos ventos termosféricos, possuindo direção leste - oeste, e o resultado da deriva $\vec{E} \times \vec{B}$ é um deslocamento do plasma para baixo, por isto as bolhas de plasma ocorrem em períodos noturnos com derivas para leste ou oeste.

Conclusões

Por intermédio das observações pode se afirmar que as bolhas ocorrem próximo a região tropical, isto se deve porque o campo elétrico ambiente e o vento neutro são fatores que, além da gravidade, tem influência sobre o desenvolvimento das bolhas.

Os valores baixos da altura mínima da camada ($h'F$) estão relacionados com a deriva das bolhas para oeste e os valores altos de $h'F$ relacionados com a deriva das bolhas para leste e também é observado que os índices Dst e Kp apresentam valores altos próximo aos dias que ocorreram bolhas para Oeste, o que significa que estes índices estão relacionados com a deriva das bolhas de plasma.

A análise dos dados e o trabalho continua em desenvolvimento, adotando a mesma metodologia de estudo com os dados dos anos de 2005, 2006 e 2007, com o propósito de se desvendar quais os fatores responsáveis das derivas das bolhas para Oeste.

Agradecimentos

A autora gostaria de agradecer a Maria Goreti dos Santos Aquino pela redução de alguns dados utilizados neste trabalho aos alunos Vinicius Guimarães Monteiro e Vivian Moreira de Castilho Batista pelo auxílio e apoio na realização do trabalho.

Referências

TERRA, P. M. , Estudo das Derivas Zonais das Irregularidades de Plasma Ionosferico na Região Brasileira, Dissertação de mestrado em Ciência Espacial, INPE, 2000.

YAMASHITA, Cristina Sayuri, Efeito das Tempestades Magnéticas Intensas na Ionosfera de Baixa Latitude, Dissertação de Mestrado em geofísica Espacial, INPE, 2000.

ARRUDA, D. C. S., J. H. A. SOBRAL, M. A. ABDU, V. M. CASTILHO, H. TAKAHASHI, A. F. MEDEIROS and R. A. BURITI. Theoretical and experimental zonal drift velocities of the ionospheric plasma bubbles over the Brazilian region. Adv. Space Res., No prelo: 2006.

ABDU, M. A.; SOBRAL, J. H. A.; NELSON, O. R. and BATISTA, I. S. "Solar Cycle Related Range Type Spread-F Occurrence Characteristics over Equatorial and Low Latitude". J. Atmos. Terr. Phys., 47(8-10), 901-906, 1985b