

ESTUDO DA PROPAGAÇÃO DE ONDAS PLANETÁRIAS NA IONOSFERA EQUATORIAL

Sérgio Luis Aranha¹, Paulo Roberto Fagundes², Fábio Becker Guedes³

¹Bolsista, CAPES, Universidade do Vale do Paraíba, IP&D – Física e Astronomia, Avenida Shishima Hifumi, 2911, Urbanova, São José dos Campos, SP, 12244-000, e-mail: professoraranha@uol.com.br

²Orientador, Universidade do Vale do Paraíba, IP&D – Física e Astronomia, Avenida Shishima Hifumi, 2911, Urbanova, São José dos Campos, SP, 12244-000, e-mail: fagundes@univap.br

³Orientador, Universidade do Vale do Paraíba, IP&D – Física e Astronomia, Avenida Shishima Hifumi, 2911, Urbanova, São José dos Campos, SP, 12244-000, e-mail: fabio@univap.br

Resumo - Este trabalho tem como objetivo estudar a propagação das ondas planetárias na ionosfera equatorial, através da análise de dados obtidos por uma ionosonda digital do tipo CAD I que opera em Palmas (10,28°S, 48,33° W). Um dos modos de operação da ionosonda consiste em varrer oito frequências (3, 4, 5, 6, 7 e 8 MHz) a cada 100 segundos, durante o período compreendido entre junho de 2003 à maio de 2004. Estudou-se a variação da altura virtual para cada frequência e horário fixos (0, 1, 2, ..., 23 UT). Notou-se que existe uma forte indicação da existência da propagação de ondas planetárias na ionosfera, com período de aproximadamente 15 dias. A manifestação destas ondas podem ser facilmente notada devido a forte oscilação da altura virtual em função do dia do mês, para uma frequência e horário fixos.

Palavras-chave: Ondas Planetárias, ionogramas, ionosonda.

Área do Conhecimento: I - Ciências Exatas e da Terra

Introdução

A ionosfera é a porção ionizada da atmosfera terrestre e estende-se desde uma altura de aproximadamente 50 km até acima de 1000 km de altitude. A fotoionização é o principal processo de formação dos pares elétrons-íon. Os elétrons são removidos dos átomos ou moléculas pela radiação solar (UV, EUV e Raios-X). Posteriormente estes elétrons podem permanecer livres, unir-se a íons atômicos ou moleculares e neutralizá-los ou unir-se a átomos ou moléculas neutras para formar íons carregados negativamente. Uma das características mais importante da ionosfera é sua capacidade de absorver, refletir e refratar ondas de rádio, entretanto, somente aquelas ondas dentro de uma determinada faixa de frequência são refletidas pela ionosfera [1]. O equipamento atualmente instalado em Palmas (TO), para estudar a ionosfera, é a ionosonda digital, denominado CAD I (Canadian Advanced Digital Ionosonde), que consiste de um sistema transmissor-receptor, das antenas e de um micro-computador. O transmissor da ionosonda emite um sinal de radiofrequência na direção vertical para cima com frequências pré-determinadas (1-20 MHz), e o receptor recebe o sinal refletido pela ionosfera e processa o sinal. Com a diferença entre o tempo de envio e o tempo de recepção podemos calcular a altura virtual da camada que refletiu o sinal, considerando que o

sinal de radiofrequência viaja a velocidade da luz C. Com os registros das alturas das camadas para cada frequência selecionada montamos um gráfico chamado de ionograma. Um exemplo de ionograma é apresentado na Figura 1.

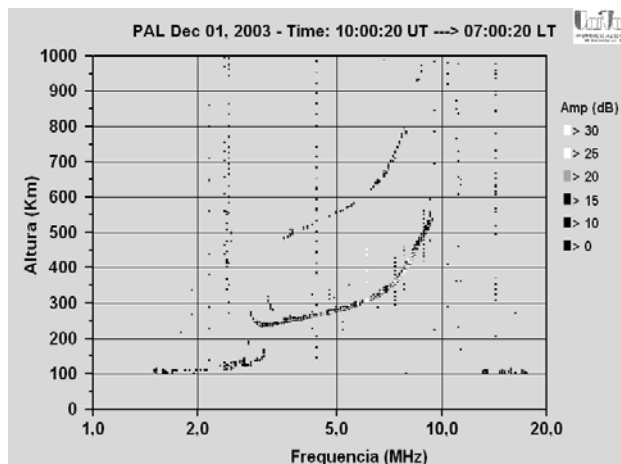


Figura 1 – Exemplo de Ionograma, Palmas (TO) - 01, dezembro 2003, 07:00h

Durante o dia, pode haver até quatro regiões presentes na ionosfera, chamadas de regiões D, E, F1 e F2. Suas escalas aproximadas de alturas são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – alturas aproximadas de início e fim das camadas ionosféricas.

REGIÃO	INÍCIO	TÉRMINO
D	70 km	90 km
E	90 km	150 km
F1	150 km	200 km
F2	200 km	1000 km

A presença ou ausência destas camadas na ionosfera, e a sua altitude, variam com a posição do sol, sendo que ao meio dia (9 UT) a radiação é máxima, enquanto que a noite é nula.

A atmosfera / ionosfera terrestre admite a propagação de ondas com períodos variando de minutos até dias, ondas de gravidade (minutos até horas), marés (4, 6, 8, 12 e 24 horas) e ondas planetárias (2, 5, 7, 10, 12, 15, 27 dias). Ondas planetárias são ondas que apresentam uma grande estrutura horizontal, da ordem do diâmetro terrestre, e sua origem é predominante na troposfera com períodos entre 2 a 30 dias [2]. As ondas planetárias podem ser divididas em dois grupos, ondas planetárias estacionárias, associadas com estruturas meteorológicas quase estáveis em áreas de baixa pressão, e ondas planetárias transientes com propagação predominante na região ocidental, embora algumas vezes a propagação dominante é oriental. A grande variabilidade dia a dia ionosférica pode ser explicada pela propagação de ondas planetárias, ondas de maré e ondas de gravidade.

O objetivo principal deste trabalho é mostrar através de dados ionosféricos a presença de ondas planetárias modulando a camada F na região equatorial de Palmas (TO).

Metodologia e Análise de Dados

Para análise da variação da altura em função do dia para frequência e hora fixas, foram utilizados ionogramas diários da região de Palmas (TO), dos meses de junho de 2003 a maio de 2004. Neste período os ionogramas foram agrupados e analisados utilizando o programa UDIDA, desenvolvido no IP&D/UNIVAP [3]. Os dados relativos as alturas da ionosfera para a frequência de 3 MHz, em todos os horários (0 UT à 23 UT), foram agrupados por dia do mês em gráficos mensais de altura x dias do mês como mostra a Figura 2.

Para aumentar a precisão dos dados, todos os ionogramas utilizados na análise, passaram por um filtro de frequências e altura, utilizando para isso somente os dados da região F2, além da limpeza manual eliminando os possíveis ruídos captados

pelas antenas que poderiam causar diferença nos dados obtidos. Para aumentar a estatística dos dados foram adicionados 6 varreduras ao redor de cada hora (14:55 até 15:05), o que explica uma pequena faixa nos dados, pois, há uma variação nas alturas virtuais da camada ionosférica em cada uma das 6 varreduras utilizadas, que pode ser observado nos dias 9, 10, 11, 16, 17, 24, 28, 29 e 30 na Figura 2. Nota-se que nesses dias a variação na altura virtual não passou de 30 km. Os espalhamentos maiores como nos dias 6, 19, 22 e 24 na Figura 2, são causados por irregularidades ionosféricas que podem refletir o sinal em uma ampla faixa de altura, podendo atingir cerca de 100 Km.

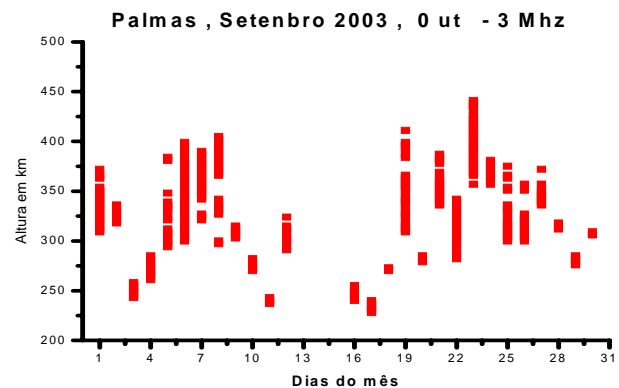


Figura 2 – Variação da altura em função dos dias do mês (setembro, 2003) às 0:00 UT (21:00 LT) e 3 MHz.

Ondas planetárias

As Figuras 3 e 4 mostram a variação da altura em função do dia do mês para o período compreendido entre junho de 2003 até maio de 2004, para o horário das 0:00 UT (21:00 LT, horário representativo do período noturno) e 15:00 UT (12:00 LT, horário representativo do período diurno). Utiliza-se as frequências de 3 e 4 MHz durante a noite e 6 e 7 MHz para o dia. Nota-se nitidamente que a altura virtual apresenta uma variação do tipo ondulatória durante a noite, mas durante o dia a amplitude da mesma é menor. Uma das características marcante de propagação de ondas. Uma inspeção visual nota-se que para todos os meses estudados, há uma variação na altura virtual com um período de aproximadamente de 10 dias para todas as frequências testadas, principalmente durante a noite.

Caracterizando assim a presença de ondas planetárias modulando a variação da altura da camada F, tanto durante a noite como durante o dia. É importante ressaltar que para a maioria dos meses, durante a noite, a amplitude de oscilação de aproximadamente 200 km, mas durante o dia a amplitude é da ordem de 100 km.

Para o cálculo das médias será tomada a mínima altura virtual de cada dia (hora e frequência fixas), este procedimento facilita o estudo da propagação das Ondas Planetárias e como ela influencia a variação da altura da camada F.

Vale a pena destacar os dados do mês de setembro de 2003 (noite), uma onda com período de aproximadamente 15 dias aumentando e

diminuindo as alturas virtuais. Essa variação periódica continua nitidamente nos meses de outubro, novembro, dezembro de 2003 e janeiro de 2004, com o mesmo período de aproximadamente 15 dias e praticamente com a mesma amplitude de 200 km em média. Na primeira metade do mês de fevereiro de 2004, a altura da camada ionosférica se manteve praticamente estável, mas a partir do dia 25 a altura média da camada ionosférica voltou a se comportar de maneira periódica ainda com um período de aproximadamente 15 dias, pelos meses de março, abril e maio de 2004.

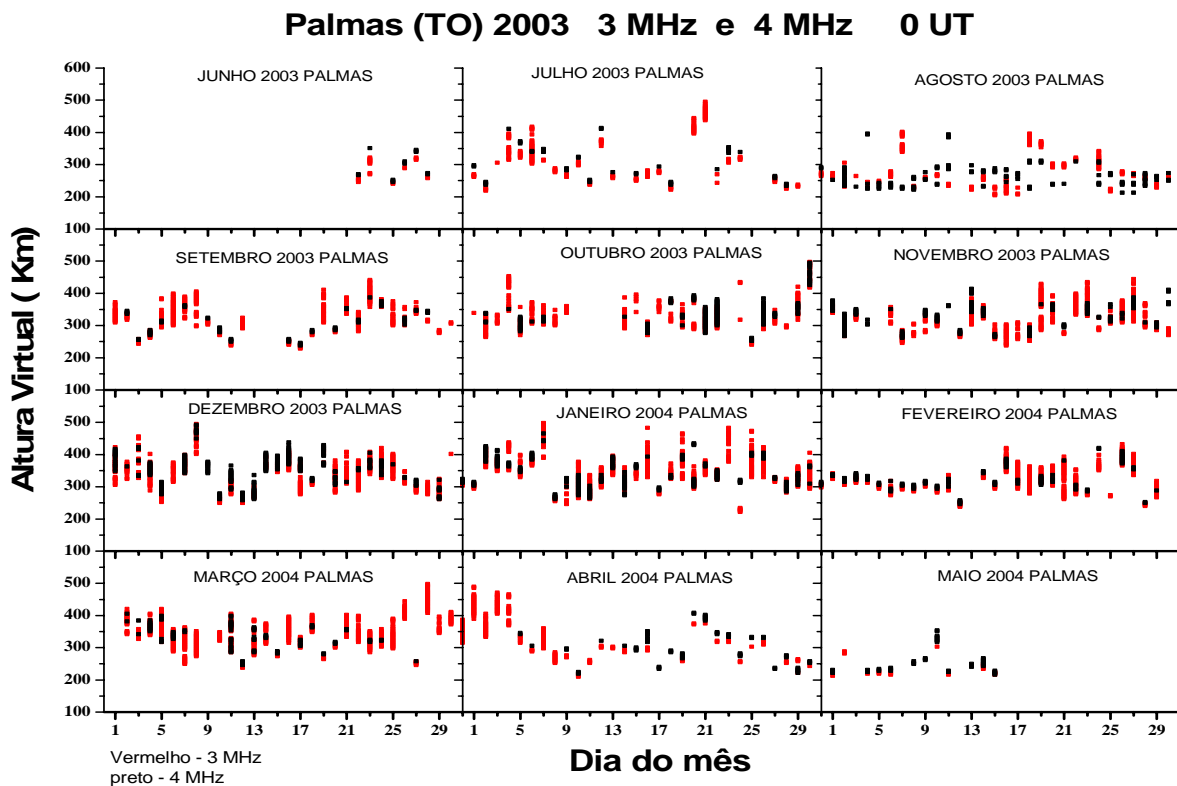


Figura 3. Variação da altura virtual em função do dias dos meses (junho 2003 – maio 2004), para o horário de 00:00 UT (21:00 LT) e frequência 3 e 4 MHz.

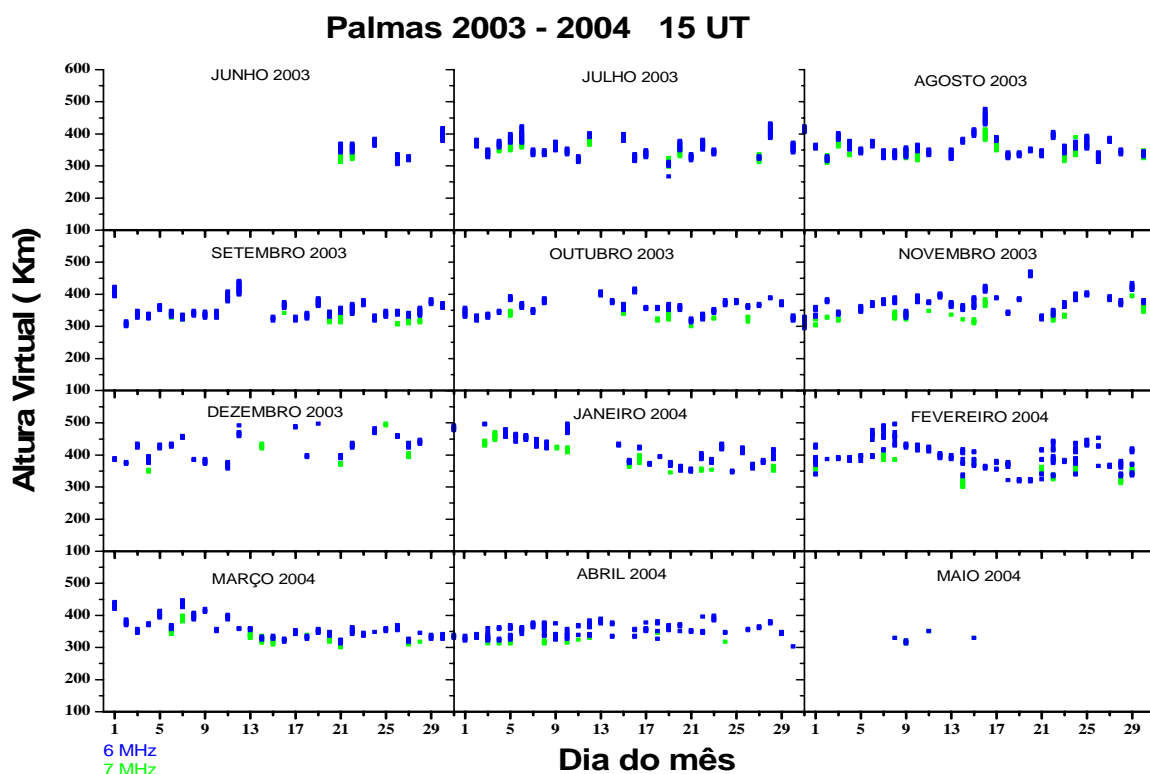


Figura 4. Variação da altura virtual em função dos dias dos meses (junho 2003 – maio 2004), para o horário de 15:00 UT (12:00 LT) e frequência 6 e 7 MHz.

Conclusão

A técnica apresentada neste trabalho permite estudar a propagação de ondas planetárias na ionosfera (região F). E podemos destacar os seguintes pontos importantes neste estudo.

1. A amplitude de oscilação, durante a noite, é de aproximadamente 200 km, mas durante o dia é de 100 km;
2. Para o intervalo e as frequências estudadas, nota-se uma periodicidade igual na variação da altura virtual do pico da camada ionosférica. Esta periodicidade está em fase para ambas frequências estudadas.
3. Uma inspeção visual, permite observar a propagação de ondas com períodos de dias. No mês de dezembro de 2003, foi observado o menor período de oscilação dos meses estudados (13 dias). O maior período foi encontrado no mês de fevereiro

de 2004 (17 dias). Para os outros meses estudados, a variação nas alturas virtuais apresenta periodicidade de 15 dias, tornando-se assim o período mais marcante.

Referências

- [1] TITHERIDGE J.E., The Real Height Analysis of Ionogramas, New Zeland, Departament, University of Auckland, April 14, 1988.
- [2] LASTOVICKA J., P.KRIZAN, P. SAULI, AND D. NOVOTNÁ, Persistence of the planetary wave type oscillations in fo F2 over Europe. ANNALES GEOPHYSICAE, 21:1543-1552, 2003
- [3] Pillat, V.G e Fagundes, P.R., UDIDA – Univap Digital Ionosonde Data Analisis, INIC, 2004b.