



Oscilações de 3-4dias identificadas na aeroluminescência mesosférica equatorial

F. Egito, DAE/CEA/INPE, Brasil

R. A. Buriti, A. F. Medeiros, UAF/CCT/UFCEG, Brasil

H. Takahashi, DAE/CEA/INPE, Brasil

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

In this work is presented an extensive study of the occurrence of 3-4day oscillations observed in the mesospheric airglow emissions. These periodicities observed in the airglow emissions have been attributed to ultra-fast Kelvin waves. It was analyzed a data set obtained from January 1998 to July 2007 by a multichannel photometer installed at São João do Cariri (7.4°S, 36.5°W). They were analyzed ninety one temporal series corresponds to OI5577, O2b(0-1) and OH(6-2) airglow emissions and OH rotational temperature. In 46 occasions was identified the presence of the 3-4day oscillations. In 1998 they were registered the greater manifestations of the 3-4day waves. It was observed a seasonal comportment in 3-4day oscillations, which occurred especially in the spring (34%). The amplitudes theses oscillations showed a wide range variation, whose values, on average, grow with the altitude.

Introdução

A dinâmica da alta atmosfera tem sido bastante estudada através da aeroluminescência mesosférica. São estudadas as ondas de gravidade, marés atmosféricas e as ondas planetárias. Takahashi et al. (1984) e Takahashi et al. (1998) estudaram os efeitos das marés atmosféricas sobre as emissões do airglow em baixas latitudes e em regiões equatoriais, respectivamente. Taylor et al. (1987) observaram simultaneamente através das imagens das emissões do oxigênio atômico (OI5577nm), do sódio mesosférico (NaD) e da hidroxila (OH) a propagação de ondas de gravidade. Teitelbaum et al. (1981) evidenciaram a assinatura de ondas planetárias de quase dois dias na linha verde do oxigênio atômico. Recentemente, Takahashi et al. (2002) e Buriti et al. (2005) registraram a assinatura de ondas planetárias nas emissões do airglow na região equatorial, onde destacaram uma oscilação de 3-4dias nas taxas de emissão do airglow e na temperatura rotacional inferida a partir da taxa de emissão da hidroxila, as quais foram atribuídas às ondas de Kelvin ultra-rápidas. As ondas de Kelvin ultra-rápidas são estudadas principalmente através dos ventos

mesosféricos, como pode ser observado nos trabalhos de Riggan et al. (1997), Yoshida et al. (1999), Kovalam et al. (1999), Sridharan et al. (2002), Younger e Mitchell (2006) e Lima et al. (2008). Com referência à modelagem, Forbes (2000), indicou em seu modelo dinâmico que o modo ultra-rápido deve influenciar as emissões do airglow provenientes da região entre 90 e 110km de altitude. Posteriormente, Lichstein et al. (2002), utilizando o campo de ondas de Forbes (2000) em um modelo químico dinâmico unidimensional demonstraram que perturbações de 3-4dias observadas nas taxas de emissão do airglow eram consistentes com as que seriam provocadas por ondas de Kelvin ultra-rápidas.

Neste trabalho foram utilizados dados das emissões da linha verde do oxigênio atômico (OI5577mesosférico, posteriormente referido apenas como OI5577), da banda (0-1) do oxigênio molecular e da banda (6-2) da hidroxila, além da temperatura rotacional da hidroxila, medidos por um fotômetro multicanal instalado em São João do Cariri (7,4°S; 36,5°O) entre janeiro de 1998 e julho de 2007 para identificar e caracterizar as oscilações de 3-4dias identificadas nas emissões e na temperatura rotacional.

Métodos

A medida da intensidade das emissões do OI5577, O2b(0-1) e OH(6-2) e da temperatura rotacional do OH foi feita por um fotômetro multicanal instalado no OLAP (Observatório de Luminescência Atmosférica da Paraíba) que está localizado na cidade de São João do Cariri (7,4°S; 36,5°O). O instrumento utiliza a técnica do filtro de interferência para selecionar o comprimento de onda a ser medido e uma fotomultiplicadora para registrar a intensidade das emissões. Além dessas três emissões, também são medidas as intensidades de emissão da linha amarela do sódio mesosférico e da linha vermelha do oxigênio atômico (OI630.0nm) proveniente da região-F da ionosfera. Para cada uma das emissões é utilizado um filtro de interferência diferente. As medidas da aeroluminescência são ocorrem durante cerca de treze noites mensais sempre em torno da Lua Nova. De acordo com Takahashi *et al.*(2002) os erros nas medida das intensidades absolutas das emissões e da temperatura rotacional são os seguintes: aproximadamente 5% para OI5577, em

torno de 10% para o OH(6-2) e o O2b(0-1) devido ao aumento do erro sistemático na calibração e $\pm 3K$ para a temperatura rotacional do OH. Cada série temporal analisada neste trabalho tem pelo menos oito noites de observações, sendo que cada noite tem no mínimo três horas de dados contínuos. A Figura 1 mostra um exemplo de uma série temporal referente à emissão do OH(6-2), correspondente ao período de observação da aeroluminescência do dia 26 de outubro ao dia 08 de novembro de 2005.

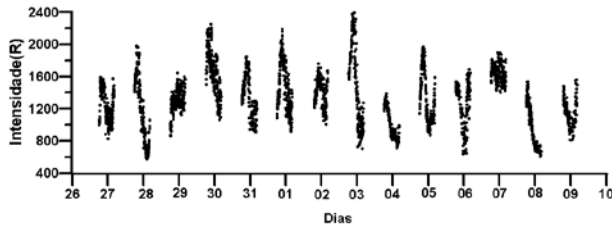


Figura 1 – Exemplo de uma série temporal analisada neste trabalho referente à intensidade de emissão do OH(6-2) obtida entre os dias 26 de outubro e 08 de novembro de 2005.

A identificação das periodicidades de 3-4 dias na intensidade das emissões e na temperatura rotacional foi feita através do periodograma de Lomb-Scargle. A técnica de Lomb-Scargle é amplamente utilizada no meio científico para identificar periodicidades presentes em séries temporais amostradas em intervalos de tempo desiguais, como é o caso com a aeroluminescência noturna. A técnica está baseada nos trabalhos de Lomb (1976), Scargle (1982) e Horne e Baliunas (1986). A figura 2 mostra o espectro da série temporal mostrada na Figura 1, cuja janela varia de 1,5 a 6 dias, obtido através da técnica de Lomb-Scargle

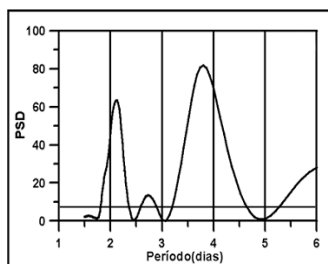


Figura 2 – Espectro das periodicidades (entre 1,5 e 6 dias) presentes na emissão do OH(6-2) mostrada na Figura 1 obtido através do periodograma de Lomb-Scargle

As séries temporais nas quais foi identificada a presença de oscilações de 3-4 dias foram submetidas ao teste sugerido por Horne e Baliunas (1986) para verificar se as periodicidades observadas no periodograma estão realmente

presentes nos dados ou se são o resultado de vazamento espectral.

Resultados

Neste trabalho foram analisadas séries temporais das emissões do OH(6-2), O2b(0-1) e OI5577 e da temperatura rotacional do OH(6-2) com a finalidade de identificar a presença de oscilações de 3-4 dias nesses parâmetros, as quais têm sido atribuídas às ondas de Kelvin ultra-rápidas (Takahashi et al., 2002; Lichstein et al., 2002; Buriti et al., 2005). Foram analisadas séries temporais das emissões e da temperatura rotacional correspondentes a noventa e um períodos de observação da aeroluminescência entre janeiro de 1998 e julho de 2007. Desse total, em quarenta e seis ocasiões foram identificadas periodicidades de 3-4 dias em pelo menos três dos quatro parâmetros analisados. Na Figura 3 são mostrados os meses nos quais foram identificadas as periodicidades de 3-4 dias. Nela, as barras verticais, em diferentes tonalidades especificadas pela legenda, indicam em quais parâmetros foram identificadas as periodicidades de 3-4 dias. Essa figura mostra que em 1998 houve um grande número de identificação das periodicidades de 3-4 dias. Inspeccionando-se a figura não se observa uma variabilidade interanual aparente.

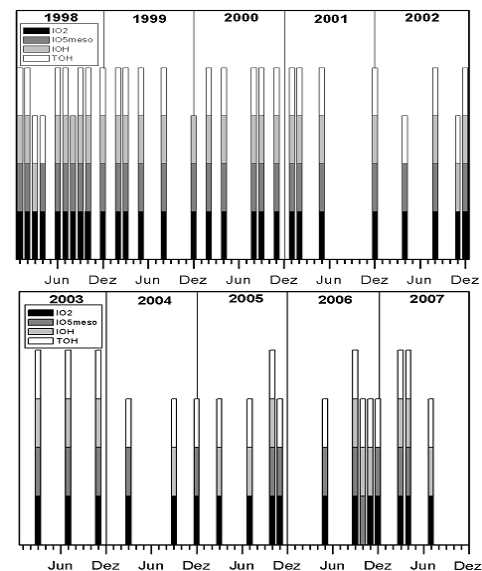


Figura 3 – Oscilações de 3-4 dias identificadas nas emissões do OI5577, O2b(0-1) e OH(6-2) e na temperatura rotacional entre janeiro de 1998 e julho de 2005.

A tabela 1 mostra a frequência anual de ocorrência das oscilações de 3-4 dias. Esse número foi obtido a partir da razão entre o número de eventos registrados num determinado ano e o número de total de período de observação da aeroluminescência neste determinado ano.

Observa-se que em 1998 foi registrada a maior frequência de ocorrência. Neste ano as condições climáticas foram extremamente favoráveis às observações da aeroluminescência.

Tabela 1 – Frequência anual de ocorrência de oscilações de 3-4 dias.

	Freq. Anual		Freq. Anual
1998	75,0%	2003	33,3%
1999	41,7%	2004	60,0%
2000	62,5%	2005	50,0%
2001	33,3%	2006	62,5%
2002	36,4%	2007	60,0%

A figura 4 mostra a distribuição sazonal das ocorrências de oscilações de 3-4dias identificadas na aeroluminescência e na temperatura rotacional. Observa-se que uma sazonalidade na ocorrência das oscilações de 3-4dias, as quais, em sua maioria, foram identificadas na primavera. A maior ocorrência das oscilações de 3-4dias na aeroluminescência na primavera pode ter sido provocada pela mudança na frequência através do deslocamento Doppler na onda de 6,5 dias, as quais de acordo com Lima et al. (2005) são bastantes frequentes na primavera.

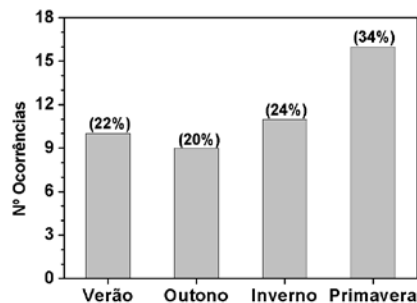


Figura 4 – Distribuição sazonal da ocorrência de oscilações de 3-4dias identificadas nas emissões e na temperatura rotacional,

As amplitudes das oscilações de 3-4dias mostradas na Figura 3 foram determinadas através da análise harmônica. Na Figura 5 são mostrados os histogramas das amplitudes percentuais observadas nas emissões e na temperatura rotacional. A distribuição das amplitudes percentuais apresenta um amplo intervalo de variação, especialmente nas emissões do OI5577(10 a 60%) e do O2b(0-1)(10 a 70%). As amplitudes observadas nas emissões do OI5577 e O2b(0-1) estão principalmente concentradas entre 20 e 30%, Enquanto que na emissão do OH(6-2) as amplitudes estão concentradas entre 10 e 20%, Já

na temperatura rotacional, as oscilações de 3-4dias provocam amplitudes percentuais que variam de 1 a 7% da temperatura média observada em cada período de observação, estando principalmente concentradas entre 2 e 3%. Em termos de valores absolutos, as amplitudes observadas na temperatura rotacional se concentraram principalmente entre 4 e 6K. Takahashi et al,(2002) e Buriti et al, (2005) fizeram a mesma análise e observaram amplitudes percentuais que variaram de 10 a 40% nas emissões do OI5577 e O2b(0-1), de 6 a 20% na emissão do OH(6-2) e 0,5 a 4% na temperatura rotacional. Os resultados apresentados neste trabalho são semelhantes àqueles obtidos por Takahashi et al,(2002) e por Buriti et al, (2005). Além disso, verifica-se que as amplitudes percentuais observadas nas emissões do OI5577 e O2b(0-1) são, em média, superiores àquelas observadas na emissão do OH(6-2). Consta-se assim, uma tendência de aumento nas amplitudes das oscilações de 3-4dias identificadas no airglow com o aumento da altitude. Nos ventos, as variações de 3-4dias associadas às ondas de Kelvin ultra-rápidas apresentam amplitudes que, em média, crescem com a altitude, como pode ser observado nos trabalhos de Kovalam et al, (1999), Younger e Mitchell (2006) e Lima et al, (2008). O crescimento, em média, da amplitude da onda com a altitude poderia se explicado porque o fluxo de energia transportada pela onda é constante. Dessa forma, a amplitude da onda cresce para compensar a diminuição da densidade atmosférica com a altitude.

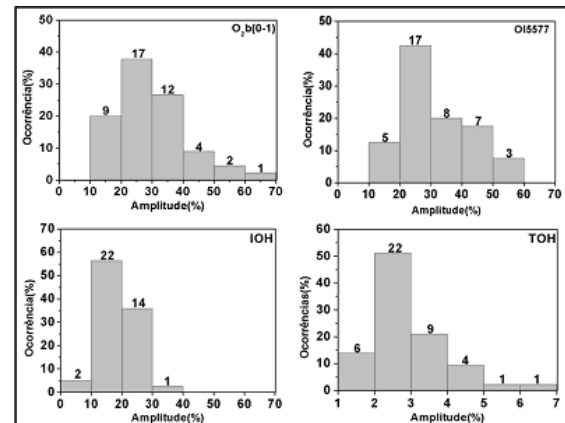


Figura 5 – Histograma das amplitudes percentuais das oscilações de 3-4dias observadas nas emissões e na temperatura rotacional.

As amplitudes absolutas das oscilações de 3-4dias na temperatura rotacional, as quais estão principalmente entre 4 e 6K, estão em bom acordo com as previsões teóricas indicadas por Forbes (2000) em seu modelo para a região da qual a temperatura rotacional do OH é representativa.

Conclusões

Neste trabalho foi investigada a ocorrência de oscilações de 3-4 dias na aeroluminescência noturna do OI5577, O₂(0-1) e OH(6-2), bem como na temperatura rotacional do OH, medidos em São João do Cariri (7,4°S, 36,5°O) entre janeiro de 1998 e julho de 2007. Durante este período foram identificadas ondas de 3-4 dias nas emissões em 46 ocasiões. A análise da frequência anual de ocorrência dessas oscilações revelou que 1998 foi o ano no qual houve mais manifestações das oscilações de 3-4 dias. Observou-se também um comportamento sazonal na ocorrência dessas oscilações, as quais foram identificadas em sua maior parte (34%) na primavera. As amplitudes provocadas pelas ondas de 3-4 dias na aeroluminescência, em média, crescem com a altitude, possivelmente devido à diminuição da densidade atmosférica com a altitude.

Referências

- BURITI, R. A.; TAKAHASHI, H.; LIMA, L. M.; MEDEIROS, A. F. Equatorial planetary waves in the mesosphere observed by airglow periodic oscillations. **Advanced in Spaces Research**. vol. 35, p.2031-2036, 2005.
- FORBES, J. M. Wave coupling between the lower and upper atmosphere: case study of an ultra-fast Kelvin wave. **Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics**, v. 62, n. 17-18, p. 1603-1621, 2000.
- HORNE, J. H.; BALIUNAS, S. L. A prescription for period analysis of unevenly sampled time series. **Astrophysical Journal, Part 1**, v. 302, n. 2, p. 757-763, 1986.
- KOVALAM, S.; VINCENT, R.A.; REID, I.M.; TSUDA, T.; NAKAMURA, T.; OHNISHI, K.; NURYANTO, A.; WIRYOSUMARTO, H. Longitudinal variations in planetary wave activity in the equatorial mesosphere. **Earth Planets and Space**. vol. 51, n. 7-8, 665–674, 1999.
- LICHSTEIN, G. S.; FORBES, J. M.; ANGELATS I COIL, M.; TAKAHASHI, H.; GOBBI, D.; BURITI, R. A. Quasi-3-day Kelvin wave and OI(5577Å), OH(6,2) Meinel, and O₂ emissions. **Geophysical Research Letters**, v. 29, n. 4, p. 2-1, Art. No. 1043, 2002.
- LIMA, L. M. ; BATISTA, P. P. ; CLEMESHA, B. R. ; TAKAHASHI, H. . The 6.5-day Oscillations Observed in Meteor Winds Over Cachoeira Paulista (22.7oS). **Advances in Space Research**, v. 36, n. 11, p. 2212-2217, 2005
- LIMA, L. M.; ALVES, E. O.; MEDEIROS, A. F.; BURITI, R. A.; BATISTA, P. P.; CLEMESHA, B. R. AND TAKAHASHI, H. 3-4 day Kelvin waves observed in the MLT region at 7.4° S, Brazil. **Geofísica Internacional**. 47 (3), p.153-160, 2008.
- LOMB, N. R. Least-squares frequency analysis of unequally spaced data. **Astrophysics and Space Science**, v. 39, n. 02, p. 447-462, 1976.
- MEDEIROS, A. F. ; FECHINE, J. ; BURITI, R. A. ; TAKAHASHI, H. ; WRASSE, C. M. ; GOBBI, D. , Response of OH, O₂ and OI5577 airglow emissions to the mesospheric bore in the equatorial region of Brazil, **Advances in Space Research**, v. 35, n. 11, p. 1971-1975, 2005,
- RIGGIN, D.M.; FRITTS, D.C.; TSUDA, T.; NAKAMURA, T.; VINCENT, R.A. Radar observations of a 3-day Kelvin wave in the equatorial mesosphere. **Journal of Geophysical Research**. 102 (D22), 26141–26157, 1997.
- SRIDHARAN, S. GURUBARAN; S., RAJARAM, R. Radar observations of the 3.5-day ultra-fast Kelvin wave in the low-latitude mesopause region. **Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics**, v. 64, n. 8-11, p. 1241-1250, 2002.
- SCARGLE, J.D. Studies in astronomical time series analysis. II – Statistical aspects of spectral analysis of unevenly spaced data. **Astrophys. J. Part 1** 263, 835–853, 1982.
- TAKAHASHI, H.; GOBBI, D.; BATISTA, P. P.; MELO, S. M. L.; TEIXEIRA, N. R.; BURITI, R. A. Dynamical Influence On The Equatorial Airglow Observed From The South American Sector. **Advances in Space Research**. vol. 21, No, 6, p. 817-825, 1998.
- TAKAHASHI, H.; Y. SAHAI; P. P. BATISTA. Tidal and solar cycle effects on the OI 5577 Å, NaD and OH(8,3) airglow emissions observed at 23°S. **Planet. Space Sci.** 32(7), 897-902 1984.
- TAKAHASHI, H.; GOBBI, D.; BATISTA, P. P.; MELO, S. M. L.; TEIXEIRA, N. R.; BURITI, R. A. Dynamical Influence On The Equatorial Airglow Observed From The South American Sector. **Advances in Space Research**. vol. 21, No, 6, p. 817-825, 1998.
- TAKAHASHI, H.; BURITI, R. A.; GOBBI, D.; BATISTA, P. P. Equatorial planetary wave signatures observed in mesospheric airglow emissions. **Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics**, vol. 64, p. 1263-1272, 2002.

TAYLOR, M. J.; HAPGOOD, M. A.; ROTHWELL, P. Observations of gravity wave propagation in the OI (557.7 nm), Na (589.2 nm) and the near infrared OH nightglow emissions, **Planet. Space Sci**, v. 35, p. 413-427, 1987.

TEITELBAUM, H.; MASSEBEUF, M.; FELLOUS, J. L.; PETITDIDIER, M.; CHRISTOPHE, J.; BLANCO, F. Simultaneous measurements of meteor winds and green line intensity variations - gravity-waves and planetary-waves. **Journal of Geophysical Research-Space Physics**, v. 86, n. A9, p. 7767-7770, 1981.

YOSHIDA, S.; et all. Seasonal variations of 3.0~3.8-day ultra-fast Kelvin waves observed with a meteor wind radar and radiosonde in Indonesia. **Earth Planets Space**, v. 51, n. 7-8, p. 675-684,1999.

YOUNGER, P. T.; MITCHELL, N.J. Waves with period near 3 days in the equatorial mesosphere and lower thermosphere over Ascension Island. **Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics**, v. 68, n. 3-5, p. 369-378, 2006.