



Observações de ondas de gravidade mesosféricas de baixas frequências via keograma da aeroluminescência OH IR

Delano Gobbi; Fábio Augusto Vargas; Hisao Takahashi

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, Brasil

Copyright 2005, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, 11-14 September 2005.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society. Ideas and concepts of the text are authors' responsibility 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

Continuous observation of airglow emissions obtained by an all-sky imager (INPE), installed at Cachoeira Paulista (23^o S), have been used to investigate the characteristics on the major low frequencies oscillations. The images of the Near Infrared OH emissions produce keograms constructed from a north-south and east-west slice from the middle of every image joined over the whole night. The keograms are a convenient way to reveal wave activities over the whole night, on the other hand, the individual images are the best way to see short period gravity waves.

Introdução

Observações do espectro de ondas de gravidade na mesosfera, através de imageadores de campo de visão extenso ($\sim 180^\circ$), usando-se como traçador as emissões de aeroluminescência da molécula de OH na região espectral do infravermelho próximo (altura do pico da camada em ~ 87 km), referida daqui adiante por NIR OH, têm sido reportadas em vários trabalhos nestas duas últimas décadas (e.g., Taylor, 1997). Entretanto, a maior parte destes trabalhos restringiu a análise às observações de curto período (< 1 hora), tendo em vista a resolução limitada de uma imagem individual (geralmente $500 \text{ km} \times 500 \text{ km}$).

É bastante reconhecida a importância da atividade das ondas de gravidade no estabelecimento do balanço de energia da mesosfera superior (Shepherd, 1998). Os atuais modelos de circulação atmosférica global (GCMs) possuem resolução compatível com eventos de ondas atmosféricas em escalas sub-sinópticas. Entretanto, a carência de medidas apropriadas dos modos de oscilações nessas escalas ainda gera muitas dúvidas na interpretação dos valores prognosticados por modelos de marés e de ondas de gravidade inerciais (e.g., Won, 2001).

Neste trabalho, a ênfase será concedida à análise de modos de baixas frequências, geralmente não detectáveis em uma análise espectral de imagens individuais. A análise do keograma de uma emissão possibilita a determinação (com ambiguidade) da frequência espacial (horizontal) e da frequência temporal aparente. Medidas dos ventos predominantes, proporcionados por um radar meteorológico no mesmo sítio observacional, possibilita a estimativa da frequência intrínseca da oscilação. Também, dados simultâneos de um fotômetro zenital operando em conjunto com o imageador são usados para confirmar a frequência temporal observada.

Instrumentação e Observação

A emissão NIR OH origina-se de uma camada fina (~ 7 km), centrada próxima a 87 km de altitude. A medida que uma perturbação move-se através dessa camada, a taxa de emissão é modulada, devido às perturbações na temperatura e densidade induzidas pelo movimento. As imagens da emissão NIR OH exibindo estas assinaturas foram coletadas por um sistema imageador monocromático localizado no Observatório de Aeroluminescência de Cachoeira Paulista (23^o S). A câmera consiste de uma CCD adquirida da *Princeton Instruments* de alta resolução (1024×1024 pixels), alta eficiência quântica em comprimentos de onda do infravermelho próximo ($\sim 60\%$) e mantida resfriada por um sistema *Peltier* (-35°C). Os pixels foram adicionados em grupo de 2 por 2, criando um superpixel, de modo a melhorar a relação sinal-ruído. Uma roda de filtros permite observações em múltiplos comprimentos de onda. Em particular, para a emissão NIR OH, o filtro de interferência apresenta uma banda passante de 200 nm (entre $\sim 700 - 900 \text{ nm}$). O instrumento encontra-se em operação rotineira desde Junho de 2004, sendo que a taxa de amostragem da emissão NIR OH é da ordem de 2 min .

Metodologia

As imagens coletadas são linearizadas em um plano geográfico projetado na altura média da camada de emissão (Hapgood e Taylor, 1982). Para uma dada noite de observação, na ausência de contaminação do céu escuro, produz-se uma série de imagens, com a qual é possível construir um keograma zonal e um keograma meridional, a partir da respectiva coluna do centro de cada imagem individual, conforme encontra-se ilustrado na Figura 1. Dessa forma, são geradas duas séries

temporais (em hora local) bi-dimensionais da taxa de emissão relativa em função da latitude e da longitude. A consequente análise dos *keogramas* é realizada no espaço das frequências, via FFT antecedida da filtragem de tendências de longo termo (filtro de *Butterworth*), e também analisada como série temporal ordinária, destacando uma coluna média no entorno do zênite dos *keogramas*, com o objetivo de determinar a frequência aparente (ϖ) da oscilação. Nesta última análise, é realizada uma comparação com os resultados advindos da análise da série temporal registrada por um fotômetro zenital, denominado Multicanal-2 (MC2), que opera simultaneamente com o imageador. A frequência intrínseca (ω) é determinada a partir dos dados dos ventos predominantes (radar meteorológico), projetados na direção de propagação da onda, de acordo com a seguinte relação de dependência com a frequência aparente observada:

$$\omega = \varpi - \mathbf{u} \cdot \mathbf{k}_h, \quad (1)$$

sendo \mathbf{u} a velocidade do vento predominante e \mathbf{k}_h o número de onda horizontal.

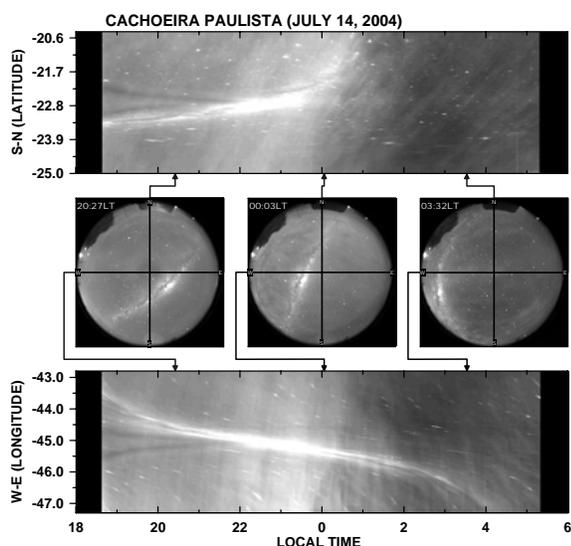


Fig. 1 - Processo de obtenção dos *keogramas* meridional e zonal (destaca-se apenas três imagens em horários esparsos).

Resultados

Uma análise preliminar da série temporal no zênite dos *keogramas*, em especial para a noite de 14 de Julho de 2004, revela uma modo de oscilação de baixa frequência, com período aparente de ~ 3.5 horas, observada também na série temporal do fotômetro zenital MC2. A Figura 2 mostra os resultados da análise espectral dos *keogramas* para este evento em particular. O *keograma* meridional identifica um pico de potência espectral em $k_y = \pm 0.0030 \text{ km}^{-1}$ (com ambiguidade) e o *keograma* zonal um pico em $k_x = \pm 0.0012 \text{ km}^{-1}$ (com ambiguidade), ambos relacionados ao período de 3.5 horas. O comprimento de

onda horizontal associado ao modo de oscilação é de aproximadamente 350 km.

Uma análise mais cuidadosa envolvendo construções artificiais de *keogramas*, com modos de frequências espacial e temporal conhecidos, faz-se necessário de modo a melhor caracterizar o conteúdo das baixas frequências vista em ambos espectros. A ambiguidade direcional resultante do método é uma limitação indesejada, pois frustra a estimativa da frequência intrínseca da oscilação.

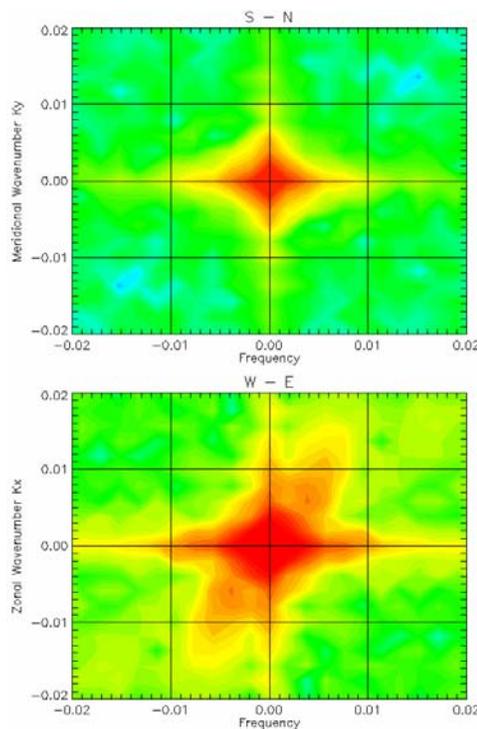


Fig. 2 – Análise espectral dos *keogramas* zonal e meridional para a noite de 14 de Julho de 2004.

Agradecimentos. Os autores desejam agradecer a Fapesp (SP) pelos recursos recebidos, projeto N. 2000/09510-1, através do qual este sistema de imageamento foi adquirido. Também agradecemos aos técnicos Hélio Borges e Pedro Paulo Braga, responsáveis pela operação dos equipamentos no Observatório de Cachoeira Paulista.

Referências

- Taylor M. J. A review of advances in imaging techniques for measuring short period gravity waves in the mesosphere and lower thermosphere. *Advances in Space Research*, 19 (4): 667-676, 1997.
- Shepherd, T. G. Introduction to middle atmosphere dynamics. *Canadian Middle Atmosphere Model Project*, 1:494, 1998.
- Won Y. I., Cho Y. M., Niciejewski R. J., Kim J. Observations of OH(3,1) airglow emission using a Michelson interferometer at 62 degrees S. *Advances In Remote Sensing Of The Middle And Upper Atmosphere And The Ionosphere Advances In Space Research*, 27 (6/7)1165-1170, 2001
- Hapgood M. A., Taylor M. J. Analysis of airglow image data. *Annales Geophysicae*, 38(6), 805-813, 1982.

