



Efeitos de uma Pororoca Mesosférica nas Camadas de Airglow

Fechine, J., Medeiros, A. F., Buriti, R. A., Takahashi, H., Gobbi, D.

Copyright 2003, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 8th International Congress of The Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, 14-18 September 2003.

Contents of this paper were reviewed by The Technical Committee of The 8th International Congress of The Brazilian Geophysical Society and does 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

Several mesospheric bores were observed since beginning of observations that date from 2000 September at equatorial region, more precisely at Observatório de Luminescência Atmosférica da Paraíba - OLAP, São João do Cariri, Brazil (7,3°S, 36,5°W). It was used a CCD all-sky imager for imaging the airglow emission layers OI (5577 Å), O₂ (0,1) (8655 Å) and OH (7150-9300 Å). Recorders of emission intensities and rotational temperature were obtained by a multichannel photometer. The analysis of some characteristics doesn't seen in bores events in the literature and the determination of them physics parameters, such wavelength, period and velocity calculated by Gobbi et al. (2002) were discussed. The behavior of the airglow emission intensity under bore passage and the complementary effects between layers were discussed. Furthermore, data of delay observed by Taylor (1995) and Medeiros (2001) between the intensity changing and rotational temperature weren't verified, but a delay between emissions layers.

Introdução

Nas últimas décadas, *pororocas* e *sólitons* têm sido observados na baixa atmosfera (Ramamurthy et al. 1990), mas apenas recentemente uma onda de gravidade tipo *pororoca* foi observada na mesosfera. O fenômeno, reportado por Taylor et al. (1995) e Medeiros, (2001), permanece ainda sem uma explicação clara quanto à sua origem.

Taylor et al. (1995) descreveram "um espetacular evento de onda de gravidade", observado durante a campanha ALOHA-93 (Airborne Lidar and Observations of Hawaiian Airglow), através de imageadores all-sky em várias emissões e através de um interferômetro nas bandas de Meinel para o OH. O evento ocorreu em 10 de outubro de 1993 e apareceu na imagem de OH como uma frente linear seguida por um campo de brilho intenso cruzando todo o céu. A pororoca movia-se a cerca de 76 m.s⁻¹ a uma altitude de cerca de 85 km (altitude nominal do airglow OH). Associado a frente observou-se um trem de ondas que se movia com a mesma velocidade. Este evento também foi imageado nas outras três camadas de airglow: Na(²P), O₂(¹Σ_g⁺) e O(³P), todas provenientes de altitudes em torno de 90 km. Um efeito de "complementariedade" foi observado entre as camadas do OH (aumento do brilho) e do OI5577 (diminuição do brilho). Observou também uma súbita mudança na temperatura rotacional do OH cerca de 15 min antes do salto na intensidade de emissão.

Medeiros et al. (2001), conduziram observações de airglow rotineiras em Cachoeira Paulista (23°S), SP

usando um fotômetro zenital multicanal, um imageador all-sky com filtros para as emissões OH, OI e O₂, e um radar meteórico SkYmet para observar o campo de vento, além de observações de Lidar de sódio em São José dos Campos, SP. Na noite de 13 de julho de 1999 às 02hs 28 min UT, um evento tipo pororoca foi observado propagando-se para o Sul. Uma forte diminuição na emissão do OH foi observada simultaneamente a um aumento na emissão nas camadas do OI5577 e do O₂. Este efeito de complementariedade foi o inverso do observado por Taylor sugerindo um distúrbio dependente do local onde a pororoca se propaga com relação à camada. A velocidade de propagação foi de 70 m.s⁻¹ com um período de 5,47 min.

Recentemente Smith et al. (2003) registraram um fenômeno tipo pororoca usando medidas de dois imageadores separados 500 km no sudoeste dos Estados Unidos. O evento se apresentou como uma definida frente de onda seguida por um trem de ondas que cruzou todo o céu, e foi sugerido que um grande sistema frontal troposférico leste-oeste deslocando-se no norte dos Estados Unidos teria sido a origem do distúrbio. O início da modelagem do fenômeno das pororocas mesosféricas é devido à Dewan e Picard nos trabalhos de 1998 e 2001, onde eles prevêm uma série de características físicas das *pororocas*, além de sugerir experimentos para elucidar alguns de seus peculiares aspectos.

Instrumentação

Foram utilizados no presente trabalho dados de um fotômetro multicanal e de um imageador all-sky. Basicamente o fotômetro realiza medições zenitais e consiste de um filtro, uma lente convergente e um diafragma que limita o ângulo sólido, além de um fotodetector. Existem duas partes principais do fotômetro: o sistema fotométrico e o sistema de controle e aquisição de dados. O primeiro contém elementos óticos e a fotomultiplicadora, e o segundo consiste de um computador que controla o equipamento e também calcula o valor da temperatura rotacional e da intensidade das emissões devidas ao oxigênio molecular, cuja banda de emissão está centrada em 8640 Å (infravermelho), além da emissão do OH, cuja banda de emissão está compreendida entre 520 e 4000 nm.

O imageador é composto de um sistema ótico e uma câmara CCD (Charge-Coupled Device), que é capaz de detectar variações do airglow noturno e registrá-las através de imagens digitais. Especificamente o imageador pode registrar imagens completas do céu noturno nas emissões do airglow OI5577 Å, OI6300 Å, O₂ (0,1) (8655 Å) e OH (7150 – 9300 Å) e do fundo luminoso do céu. O CCD do imageador usado neste trabalho consiste de urna área coletora de 6,45 cm², com uma matriz de 1024x1024 com pixels de 14 bits. Os tempos de integração utilizados são 15 s para o OH, 90 s para o OI5577 Å e O₂. A imagem é agrupada para 512x512 pixels para melhorar a relação sinal-ruído.

Metodologia

O Observatório de Luminescência Atmosférica da Paraíba - OLAP está instalado em São João do Cariri (7.3 S, 36.5 O, 450 m), Paraíba, Brasil, e tem operado desde setembro de 1997, abrigando o fotômetro multicanal e o imageador all-sky. Os equipamentos operam durante 13 noites em torno da noite da lua nova sob condições de mínima luminosidade artificial e baixa cobertura de nuvens. As observações se iniciam após o ocaso e terminam antes do alvorecer, e os dados digitais são armazenados no banco de dados do OLAP.

Cada evento que sugere uma semelhança com as pororocas mesosféricas é submetido a uma verificação das características definidas por Taylor et al. (1995) e Dewan e Picard, (2001).

Observações

Na análise das imagens do airglow OI5577 Å, O₂ (0,1) (8655 Å) e OH (7150 - 9300 Å), diversas estruturas de ondas de gravidade foram observadas desde as menores e mais transientes tais como os *ripples*, até as de maior amplitude e propagação na mesosfera como os *ladders* e as *bandas*. A passagem da onda pelo zênite também foi registrada pelo fotômetro multicanal, como uma perturbação na intensidade de emissão, e na temperatura rotacional do OH e do O₂.

Inúmeros eventos tipo pororoca mesosférica foram observados neste período de 2 anos de observações, porém este trabalho discute apenas o evento da noite de 30 de setembro de 2000.

A aparência das pororocas é típica do fenômeno reportado por Taylor (1995) (ver Figura 1). Uma frente bem definida, se propagando de horizonte à horizonte, seguida por um trem de ondas, cuja velocidade de propagação aparenta ser da mesma ordem da velocidade da frente. É clara a diferença da estrutura de ondas de gravidade tipo ripple, ladder e banda com relação à pororoca, o que facilita o seu reconhecimento.

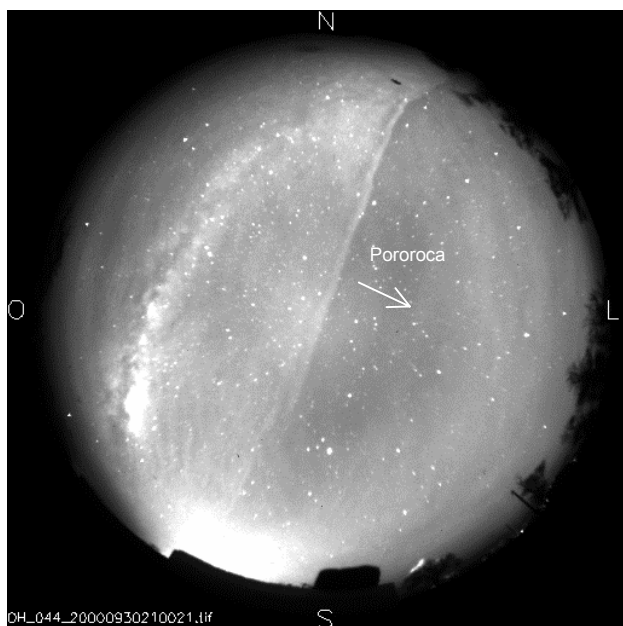


Fig. 1 – Pororoca mesosférica observada na camada de emissão do OH em 30/09/2000 em São João do Cariri.

Esta diferença torna-se evidente quando se realiza uma linearização da imagem original num mapa de 512 x 512 km corrigindo-se os efeitos de curvatura através do cálculo da função de lente do imageador e retirando-se as estrelas (figura 4a). Na figura 4b vê-se um recorte da imagem linearizada e uma projeção tridimensional da amplitude do distúrbio. Observa-se a grande diferença de amplitude entre a região não perturbada, à frente da pororoca, a pororoca em si, e o trem de ondas atrás da pororoca.

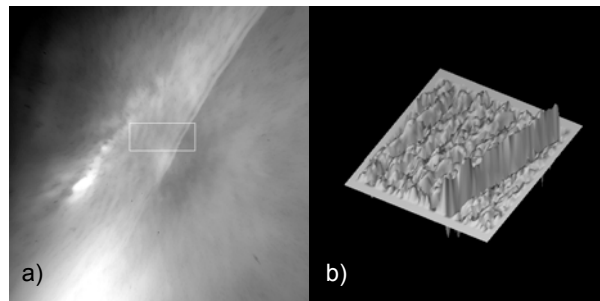


Fig. 2 - a) Imagem linearizada e retirada as estrelas (512x512 km); b) Recorte da imagem mostrando a amplitude da pororoca e do trem de ondas.

Um fato observado foi que nem sempre as imagens das diferentes emissões associadas com a pororoca estavam defasadas de 180°. Como já havia sido verificado por Medeiros (2001), a forma como o fenômeno se apresenta nas diversas camadas de airglow, seja como um avanço de um campo brilhante, seja como um avanço de um campo escuro, depende da sua localização relativa entre as camadas.

Resultados e Discussões

Além da análise de estrutura evidenciada nas imagens all-sky foi realizado um estudo das variações na intensidade de emissão do OH, OI5577 e O₂, além das temperaturas rotacionais do OH e O₂, com dados do fotômetro multicanal, sob a passagem da pororoca.

Um estudo preliminar dos dados obtidos sugere uma forte dependência da passagem da frente de onda com distúrbios observados nas temperaturas rotacionais detectadas pelo fotômetro. No caso da pororoca de 30 de setembro de 2000, por exemplo, observa-se que:

- i) Na figura 3 a passagem da pororoca pelo zênite na camada de airglow OH ocorreu às 20h 58min (LT) provocando um aumento abrupto da intensidade da emissão de cerca de 13% em apenas 2 min, o que concorda com as observações encontradas na literatura. No mesmo intervalo de tempo observa-se também uma diminuição abrupta na temperatura rotacional de cerca de 13 K (6%). Isto sugere que sob a passagem de uma pororoca não há uma obrigatoriedade quanto a uma defasagem temporal entre a perturbação na intensidade de emissão do OH e a sua temperatura rotacional, como pode ser sugerido das observações de Taylor (1995) e Medeiros (2001), que verificaram que cerca de 15 min antes da passagem da frente de onda, o campo de temperatura rotacional fora perturbado.

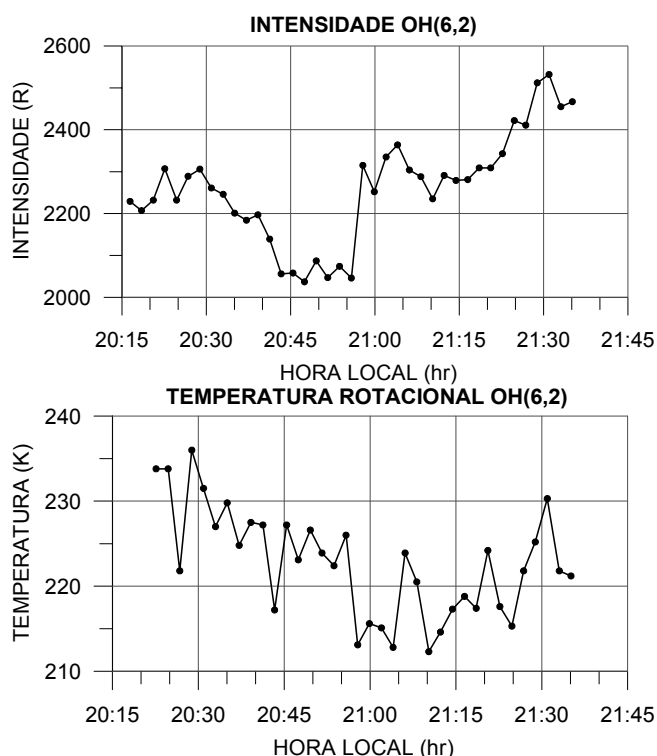


Fig. 3 - Gráficos da intensidade de emissão e temperatura rotacional do OH (6,2) da noite 30/09/2000.

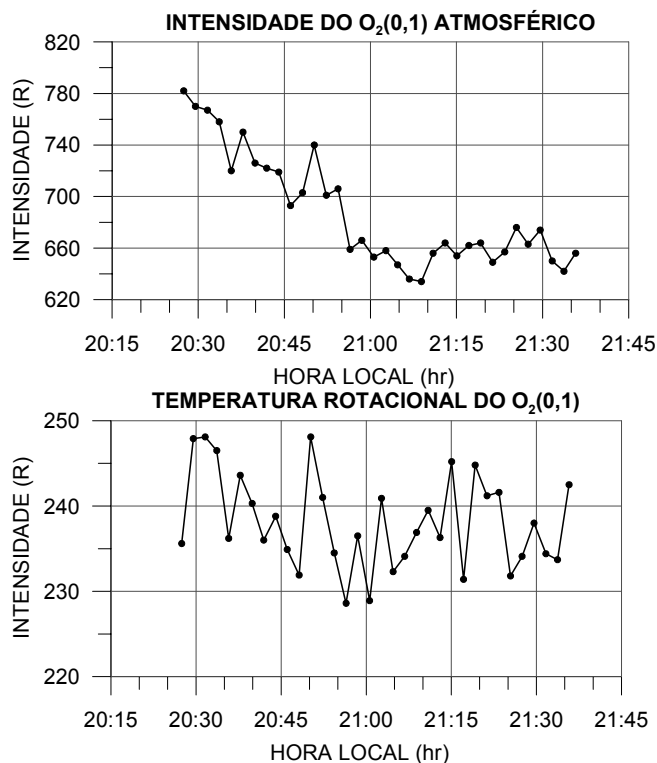


Fig. 4 - Gráficos da intensidade de emissão e temperatura rotacional do O_2 da noite 30/09/2000.

ii) Na figura 4 observa-se que a perturbação na intensidade de emissão do O_2 ocorreu às 20 h 52 min (LT) atingindo seu mínimo às 21hs 09min (LT). A temperatura rotacional do O_2 , embora tenha variado durante a noite, sofreu uma diminuição de 19,5 K (8%) em cerca de 5 min, sob a passagem da onda. Novamente não se observou defasagem entre a perturbação na intensidade de emissão e na temperatura rotacional do O_2 , concordando com os dados do OH. Porém, observou-se uma menor definição do distúrbio, com relação a camada do OH.

iii) Na figura 5 observa-se para o OI5577 um comportamento análogo ao da intensidade de emissão do O_2 , ou seja, a camada sofre o distúrbio da passagem da pororoca às 20 h 52 min (LT) e atinge seu valor mínimo cerca de 21 h 03 min (LT), diminuindo em cerca de 9% a sua intensidade de emissão;

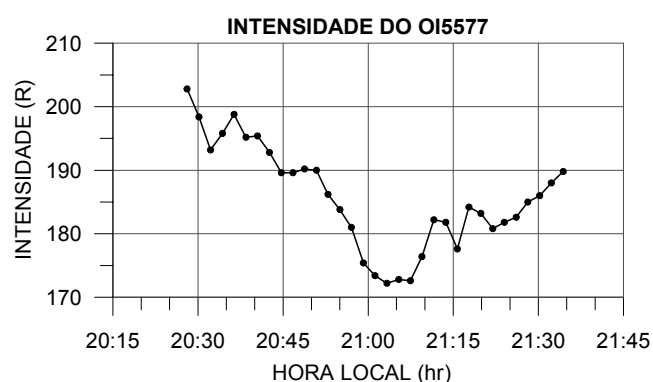


Fig. 5 - Gráfico da intensidade de emissão do OI5577 da noite 30/09/2000.

As características físicas observadas para a pororoca de 30/09/2000 foram:

Velocidade de fase	38 m/s
Azimute	110°
Comprimento de onda horizontal	12.5 km
Período aparente	6 min
Fase	-16°

Conclusões

Os resultados preliminares sugerem uma tendência de deslocamento das pororocas mesosféricas na região equatorial (7,3'S, 36,5°O) para o leste.

Um dado interessante na pororoca de 30/09/2000 é a defasagem observada entre as intensidades de emissão do OH com relação as do O_2 e do OI5577 de cerca de 6 min. Esta defasagem sugere que a onda atingiu primeiro as camadas de OI5577 (96 km de altura nominal) e O_2 , (94 km de altura nominal) para, em seguida, atingir a camada de OH (87 km de altura nominal), indicando um deslocamento de fase para baixo enquanto a energia se propagava para cima.

Esta defasagem quanto à perturbação em camadas de airglow a diferentes alturas constitui-se num resultado relevante, pois é a primeira observação desta característica em eventos tipo pororoca mesosférica.

Agradecimentos

O presente trabalho recebeu o apoio do INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, UFCG – Universidade Federal de Campina Grande, do CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e da CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, além da Prefeitura Municipal de São João do Cariri.

Referências

- Dewan, E. M., Picard, R. H., Mesospheric bores. *Journal of Geophysical Research*, 103, 6295-6305, 1998.
- Dewan, E. M., Picard, R. H., On the origin of mesospheric bores. *Journal of Geophysical Research*, 106, 2921-2927, 2001.
- Fritts, D. C. and Nastron, G. D., Sources of mesoscale variability of gravity waves. Part 2: Frontal, convective and jet-stream excitation. *Journal of Atmospheric Science*, 49(2), 111-127, 1992.
- Gobi, D., Medeiros, A. F., Takahashi, H. Photometric observation of mesospheric bores over North-Western of Brazil In. *Third PSMOS International Symposium on Dynamics And Chemistry of The Mt Region, 2002*. Foz do Iguaçu. Planetary Scale Mesopause Observing System, 2002.
- Medeiros, A. F., Taylor, M. J., Takahashi, H., Batista, P. P., Gobbi, D., A unusual airglow wave event observed at Cachoeira Paulista 23°S. *Adv. Space Research*, 27, 1749-1754, 2001.
- Ramamurthy, M. K., Collins, B. P., Rauber, R. M., Kennedy, P. C., Evidence of very-large-amplitude solitary waves in the atmosphere. *Nature*, 348, 314-317, 1990.
- Smith, S. M., Taylor, M. J., Swenson, G. R., She, C., Hocking, W., Baumgardner, J., Mendillo, M., A multidagnostic investigation of the mesospheric bore phenomenon. *Journal of Geophysical Research*, 108, 2003.
- Taylor, M. J., Turnbull, D. N., Lowe, R. P., Spectrometric and imaging measurements of a spectacular gravity wave event observed during the ALOHA-93 campaign. *Geophysical Research Letters*, 20, 2849-2852, 1995.