



Construção de um Espectro-Fotômetro para Monitoramento da Temperatura da Mesopausa na Região Polar Antártica

Cristiano Max Wrasse, Hisao Takahashi, Geancarlo Guedes Rettori

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, Brasil

Resumo

Um espectro-fotômetro, para observar a emissão de luminescência da hidroxila está sendo construído no laboratório LUME do INPE. O fotômetro mede o espectro do ramo P da banda OH(8,3), determinando a temperatura rotacional da molécula. Esta temperatura rotacional indica a temperatura cinética da atmosfera ambiente. Portanto a emissão do OH pode ser utilizada para monitorar a temperatura da atmosfera na região da mesopausa. O presente trabalho apresenta o objetivo, metodologia e o diagrama de blocos do fotômetro em construção.

INTRODUÇÃO

Aeroluminescência

A luminescência atmosférica, aeroluminescência, é um fenômeno óptico da alta atmosfera sendo basicamente emissões de fótons pelo componente atmosférico excitado, tais como oxigênio atômico e molecular, hidroxila e sódio. Cada emissão forma uma camada, cuja espessura é em torno de 7 a 10 km, estendendo-se ao redor da Terra. As camadas de emissões apresentam variações na intensidade de radiação devido ao efeito dinâmico e mudanças dos constituintes na camada. A observação da luminescência atmosférica, por tanto, fornece informações sobre os processos dinâmico e fotoquímico da alta atmosfera.

Temperatura da mesopausa

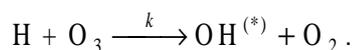
A atmosfera terrestre tem dois mínimos de temperatura, um na região da tropopausa, em torno de 10 km de altura, com 230 K, e outro na região da mesopausa, por volta da 85 km de altura, com 190 K, a mais baixa temperatura do planeta. Apesar da baixa temperatura a mesopausa é uma região de transição onde a energia e momento das ondas atmosféricas propagadas da baixa atmosfera transformam-se em turbulência, depositando sua energia cinética. A temperatura portanto é sensível aos processos dinâmicos e fotoquímicos nesta região.

Porquê medir a temperatura na mesopausa ?

Estudos recentes na temperatura da mesopausa (região entre 80 a 100 km de altitude), baseados em análises de séries temporais de longo período (três últimas décadas) a temperatura rotacional, obtida via emissões de hidroxila excitada, têm mostrado um resfriamento na região de emissão (em torno de 87 km) da ordem de 30 K (Golitsyn, *et al.*, 1996). Este resfriamento é consistente com o crescimento na concentração de gases relacionados ao efeito estufa (dióxido de carbono, metano e cloro-fluor-carbonos), e também pode refletir as mudanças na química da estratosfera (e. g. a redução da camada de ozônio, principalmente nas latitudes do continente Antártico) e mesosfera, assim, tanto a estratosfera quanto a mesosfera podem caracterizar as evidências mais drásticas de uma mudança climática global (Cicerone, 1990).

A emissão de aeroluminescência da hidroxila

Os modelos mesosféricos de constituintes minoritários indicam que as emissões da hidroxila excitada são proporcionais à densidade numérica do hidrogênio atômico e do ozônio na mesosfera superior, seguindo a equação química geral (Bates e Moiseiwitsch, 1958):



Por sua vez, a concentração do hidrogênio (em cm^{-3}) é dependente da concentração do metano, seguindo um ciclo relativamente mais complexo (Brasseur e Solomon, 1986). É de supor então que, simultaneamente a um possível resfriamento da mesosfera superior, ocorra um crescimento das emissões de hidroxila.

A aeroluminescência das emissões de hidroxila também pode ser usadas como veículo traçador do movimento de ondas de gravidade e ondas de maré que se propagam na alta atmosfera (e. g. Viereck e Deehr, 1989). As estações de alta latitude, como no caso da estação brasileira Comandante Ferraz (62.08°S, 58.4°W) no continente Antártico, proporcionam experimentos de uma parte da mesosfera relativamente pouco explorada, mas também muito

conveniente para realizar observações de aeroluminescência noturna em quase todo o período do inverno (excluindo, é claro, os dias de condições troposféricas opticamente não propícios, i. e., o céu coberto). Em latitudes de 62°S, a duração de noite no inverno é longa, mais de 18 horas, permitindo, deste modo, observações diurnas ininterruptas de aeroluminescência. Observações sucessivas são imperativas para o estudo de ondas de gravidade, que têm períodos entre 5 min a 12 horas na mesosfera superior.

Um ponto favorável à localização latitudinal da base brasileira é a ausência de contaminação espectral *auroral* introduzida nas medidas de aeroluminescência — principalmente através de várias bandas de N₂ de algumas linhas do oxigênio atômico —, desde que Comandante Ferraz localiza-se, geomagneticamente, na parte exterior da oval auroral antártica.

METODOLOGIA

Como medir a emissão do OH e a temperatura

Serão observadas as variações temporais do espectro da hidroxila, banda OH (8,3), localizada na região espectral do infravermelho próximo, 730 nm. A banda é constituída de três ramos, P, Q e R, e os ramos, por sua vez, contém varias linhas rotacionais. As intensidades relativas destas linhas são dependentes da temperatura cinética da molécula. Observando as duas linhas Q(1) e Q(2), é possível calcular a temperatura da atmosfera na camada de emissão.

Um espectro-fotômetro de filtro inclinável será construído para observar as duas linhas da banda OH(8,3). A resolução espectral necessária será de 0,8 nm ou menos. A sensibilidade da fotomultiplicadora, detectora dos fótons, deve ser acima de 1 % de eficiência quântica. O tempo necessário para obter um espectro e calcular a intensidade da banda e temperatura será aproximadamente 1 minuto, suficiente para estudar a variação temporal acima de 5 minutos.

Condições de observação

O espectro-fotômetro será instalado num contêiner dentro da Base Comandante Ferraz, na Antártica. O espectro-fotômetro possui três unidades eletrônicas; a unidade de fotômetro, a unidade de alimentação regulada com o sistema de no-break, e o microcomputador com a interface serial. A coleta de dados do fotômetro será efetuada durante a noite no período de sol abaixo do horizonte (aproximadamente 10 graus abaixo do horizonte). Não haverá observação quando o céu estiver coberto de nuvens. A operação do fotômetro será automática. Os dados serão coletados pelo microcomputador, tipo notebook, e armazenados no disco e enviados pela internet.

JUSTIFICATIVA

Por que medir a temperatura da mesopausa na região polar ?

A temperatura da mesopausa na região polar é totalmente diferente da região equatorial. Ela mostra a forte tendência de variação anual, máximo no inverno (240 K) e mínimo no verão (150 K) ou menos, o mais baixo da atmosfera terrestre. A explicação física desta natureza tem sido pesquisada nas últimas duas décadas. Hoje, por modelos determina-se que este fenômeno é conhecido como uma consequência da circulação meridional da alta atmosfera na escala global. Porém, por falta de medidas na região polar, esta teoria não tem sido comprovada totalmente. Para comprovar a maior atividade dinâmica na região polar durante a estação de solstícios (junho e dezembro), é necessário obter mais dados. O monitoramento da temperatura fornece dados da variação temporal, que por sua vez indica a variação da dinâmica na alta atmosfera.

INSTRUMENTAÇÃO

O fotômetro destinado às medições de aeroluminescência no continente Antártico (denominado FOT-ANTAR), é formado por um rack externo, que é totalmente fechado e revestido por um material isolante térmico, e um rack interno, com temperatura controlada em torno de 25 °C que aloja todo sistema ótico e eletrônico.

A figura 1 mostra uma foto do rack interno do FOT-ANTAR, que está sendo construído. O fotômetro, emprega um filtro de interferência (comprimento de onda em torno de 730 nm) com banda passante para selecionar o comprimento de onda desejado. Com o mecanismo de inclinação deste filtro (Fig 1, ítem (2)) atuando, é possível varrer uma região do espectro rotacional das linhas de emissão, a partir do seu comprimento de onda de referência (a inclinação do filtro para o comprimento de onda de referência é 0°). A detecção do sinal medido é efetuada por uma fotomultiplicadora (Fig 1, ítem (5)) bastante sensível. Um disco giratório no interior do fotômetro (Fig 1, ítem (4)), contendo uma lâmpada de padrão secundário (*betalight*), permite calibrar o fotômetro de acordo com um intervalo de tempo previamente estabelecido pelo *software* gerenciador. O módulo de interface microcontrolado (Fig 1, ítem (6)) efetua todas as comunicações entre o fotômetro e o micro computador.

Para que o sinal registrado pelo fotômetro possa ser convertido em unidades de radiância integrada (Rayleighs — unidade fotométrica de luminescência atmosférica), deve-se conhecer a curva característica do filtro (em cada ângulo) e o fator instrumental (sensibilidade absoluta). Assim, antes de ser instalado na Antártica, o fotômetro será calibrado em laboratório.

Está sendo desenvolvido um *software* para controlar o fotômetro, alimentação do sistema, varredura do filtro, calibração interna e aquisição e redução de dados.

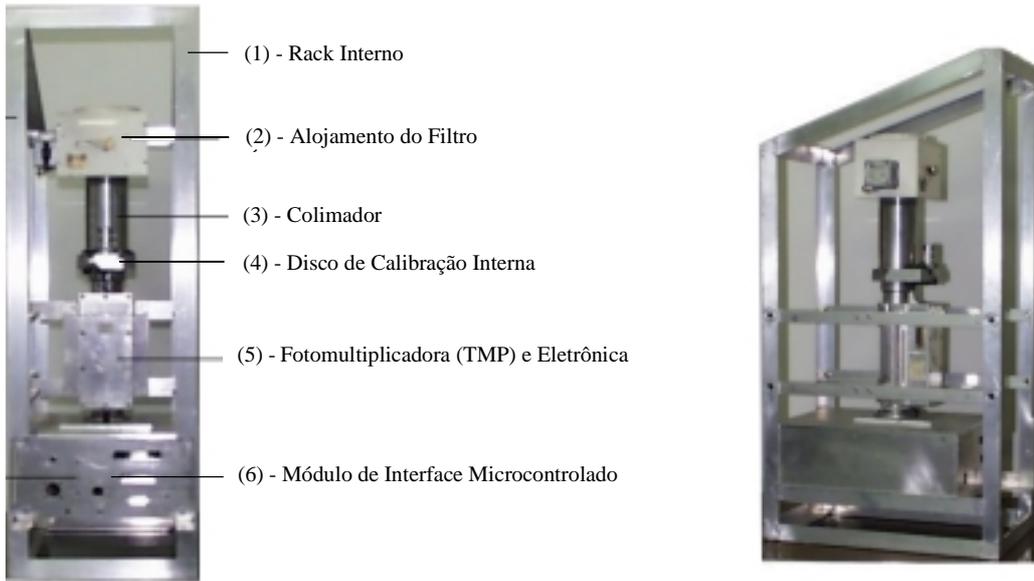


Figura 1 – Fotos da estrutura interna do FOT-ANTAR.

Na figura 2, temos o esquema ótico do espectro-fotômetro e sua estrutura de blocos.

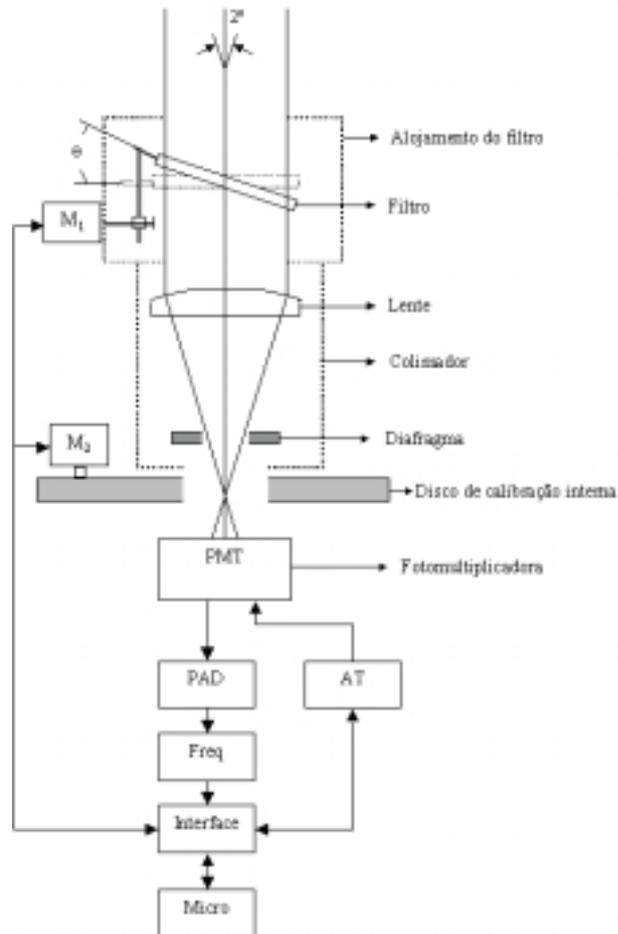


Figura 2 – Esquema ótico e diagrama de blocos do FOT-ANTAR.

Os resultados dos dados obtidos pelo fotômetro FOT-ANTAR serão analisados por algumas subrotinas desenvolvidas no *software* Origin 5.0, e os gráficos gerados por estas subrotinas serão relativos a intensidade da emissão (R) e a temperatura como exemplificado na figura 3.

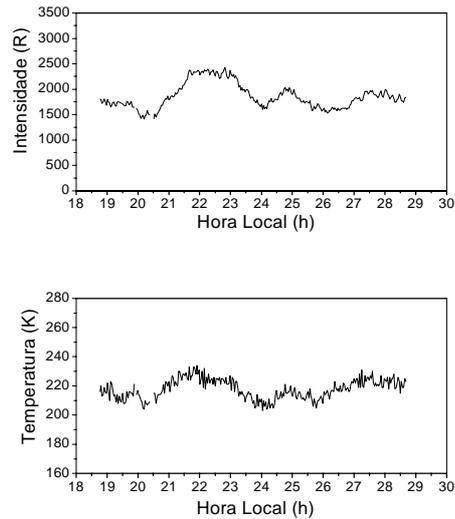


Figura 3 – Exemplo das variações noturnas, intensidade e temperatura da emissão do OH(6,2), observados pelo Fotômetro Multi-2 em Cachoeira Paulista do dia 18/08/98.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bates, D. R.; B. L. Moiseiwitsch. Origin of the Meinel Hydroxyl System in the Night Airglow. *J. Atmos. Terr. Phys.* **8**: 305-308, 1956.
- Brasseur, G.; Solomon, S. *Aeronomy of the middle atmosphere*. Dordrecht, D. Reidel Publish. Comp., 1986.
- Cicerone, R. J. Greenhouse cooling up high. *Nature*, **344**: 104-105, 1990
- Gobbi, D.; Takahashi, H.; Clemesha, B. R.; Batista, P. P. Equatorial atomic oxygen profiles derived from rocket observations of OI 557.7 nm airglow emissions. *Planet. Space Sci.*, **40**: 775-781, 1992.
- Golitsyn, G. S.; Semenov, A. I.; Shefov, N. N.; Fishkova, L. M.; Lysenko, E. V.; Perov, S. P. Long term temperature trends in the middle and upper atmosphere. *Geophys. Res. Lett.*, **23**: 1741-1744, 1996.
- Melo, S. M. L.; Takahashi, H.; Clemesha, B. R.; Batista, P. P.; Simonich, D. M. Atomic oxygen concentrations from rocket airglow observations in the equatorial region. *J. Atmos. Terr. Phys.* **58**: 1935-1942, 1996.
- Takahashi, H.; P. P. Batista. Simulations Measurements of OH(9,4), (8,3), (7,2), (6,2) and (5,10) Bands in the Airglow. *J. Geophys. Res.*, **1-11**: , 1981.
- Takahashi, H., B. R. Clemesha; *et al.* Rocket observations of the atomic and molecular oxygen emissions in the equatorial region. *Adv. Space Res.*, **10**: (10)47-50, 1987.
- Takahashi, H.; B. R. Clemesha; *et al.* Equatorial F-Region OI 6300 A and OI 5577 A Emission Profiles Observed by Rocket-Borne Airglow Photometers. *Planet. Space Sci.*, **38**: 547-554, 1990.
- Viereck, R. A.; C. S. Deehr. On the interaction between gravity waves and the OH Meinel (6,2) and the O₂ Atmospheric (0,1) bands in the Polar Night Airglow. *J. Geophys. Res.* **94**: 5397-5404, 1989.