



Condição Meteorológica Troposférica Durante a Ocorrência do Evento de Efeito Secundário do Buraco de Ozônio Antártico Sobre o Sul do Brasil do Dia 28/09/2008.

Lucas Vaz Peres [1]; Elenice Kall [2]; Naiara Hupfer [2]; José Lourêdo Fontinele [1]; Damaris Kirsch Pinheiro [3]; Vagner Anabor [1]; Nelson Jorge Shuch [2]; Neusa Maria Paes Leme [4].

[1] Curso de Mestrado em Meteorologia, Departamento de Física, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

[2] Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CCR/INPE-MCT em colaboração com o Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria – LACESM/CT-UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

[3] Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria – LACESM/CT-UFSM; Santa Maria, RS, Brasil.

[4] Centro Regional do Nordeste – CRN/CCR/INPE-MCT; Natal, RN, Brasil.

Copyright 2011, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 12th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, August 15-18, 2011.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 12th 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.

Resumo

Durante o período de primavera do Hemisfério Sul, massas de ar pobre em ozônio se desprendem do buraco de ozônio antártico e atingem as latitudes médias em um fenômeno conhecido como “Efeito Secundário do Buraco de Ozônio Antártico” que ocorre no período da primavera do Hemisfério Sul. Para comprovar a ocorrência do fenômeno, foram utilizadas medidas da coluna total de ozônio, obtidas pelo Espectrofotômetro Brewer instalado no Observatório Espacial do Sul (29,42°S; 53,87°O) em São Martinho da Serra, RS, bem como medidas da coluna total de ozônio e imagens coletadas pelo satélite OMI da NASA e foram realizadas análises de mapas de vortacidade potencial sobre superfícies isentrópicas geradas através do software GrADS (*Grid Analysis and Display System*) com dados do NCEP e trajetórias retroativas de massas de ar usando o modelo HYSPLIT da NOAA. No dia 28 de setembro de 2008, foi comprovada a ocorrência de “Efeito Secundário do Buraco de Ozônio Antártico” sobre o Sul do Brasil e foi feita uma análise das condições meteorológicas atuantes na troposfera utilizando mapas de altura geopotencial e vortacidade em 500 hPa, vento em 250 hPa e pressão ao nível do mar e espessura entre 500 e 1000 hPa, gerados através do software GrADS, além de imagens de satélite do GOESS 10 do vapor d’água. Observou-se que este evento de queda na coluna total de ozônio ocorreu durante a passagem de uma massa estável e sem nebulosidade sobre o Sul do Brasil do dia 27 para 28 de setembro de 2008, respectivamente o dia anterior e o dia em que o valor da coluna total de ozônio obteve o valor baixo, e no dia 29 de setembro de 2008, dia em que a coluna total de ozônio começou a se restabelecer, condições meteorológicas favoráveis ocasionaram a formação de uma intensa área de nebulosidade sobre o Sul do Brasil.

Introdução

No período da primavera de setembro a novembro de cada ano, no continente Antártico, detecta-se uma considerável diminuição do conteúdo total de ozônio que é conhecida como “Buraco de Ozônio Antártico” (Farman et al., 1985; Solomon, 1999). Porém, seus efeitos não se limitam somente a região antártica, apresentando “Efeitos Secundários do Buraco de Ozônio Antártico” em regiões de baixas latitudes como a Região Sul do Brasil (Prather & Jaffe, 1990; Semane et al., 2006). Os efeitos secundários são causados por injeção de massa de ar pobre em ozônio proveniente diretamente da região antártica, provocando uma redução temporária na coluna total de ozônio na região (Kirchhoff et al., 1996). Apesar de este fenômeno ser relativamente conhecido, os padrões de dinâmica e de condições meteorológicas troposféricas em que o efeito secundário ocorre na estratosfera ainda são desconhecidas e conforme trabalhos recentes, este tipo de estudo vem sendo considerado como uma possível nova linha de pesquisa sobre ozônio atmosférico (Ohring et al., 2010).

O trabalho tem por objetivo caracterizar as condições meteorológicas troposféricas durante a ocorrência do evento de “Efeito Secundário do Buraco de Ozônio Antártico” sobre o Sul do Brasil do dia 28 de setembro de 2008.

Metodologia

A fim de se detectar a ocorrência de “Efeito Secundário do Buraco de Ozônio Antártico” no Sul do Brasil, foram utilizadas medidas da coluna total de ozônio, obtidas pelo Espectrofotômetro Brewer instalado no Observatório Espacial do Sul - OES/CRS/CIE/INPE-MCT do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CIE/INPE - MCT (29,42°S; 53,87°O), em São Martinho da Serra, RS, bem como utilizados dados da coluna total de ozônio coletados pelo satélite OMI da NASA do qual são utilizadas suas imagens. Médias mensais destes dados foram calculadas e para dias em que houve diminuição abaixo do valor equivalente a 1,5 desvios padrão da média climatológica da coluna total de ozônio, foi realizada análise da vortacidade potencial

sobre superfícies isentrópicas e trajetórias retroativas das massas de ar foram produzidas, usando o modelo HYSPLIT da NOAA, servindo como uma confirmação para a análise isentrópica, complementando a visualização da origem polar das massas de ar.

Parâmetros diários fornecidos pelo *National Centers for Environmental Prediction/ Atmospheric Research* (NCEP/NCAR) foram utilizados para realizar análises da vorticidade potencial sobre superfícies isentrópicas e mapas de altura geopotencial e vorticidade em 500 hPa, vento em 250 hPa e pressão ao nível do mar e espessura entre 500 e 1000 hPa, gerados através do software de domínio público GrADS (*Grid Analysis and Display System*), além de imagens de satélite do GOESS 10 para o vapor d'água, a fim de caracterizar as condições meteorológicas troposféricas durante a ocorrência do evento de "Efeito Secundário do Buraco de Ozônio Antártico" sobre o Sul do Brasil do dia 28 de setembro de 2008.

Resultados

O mês de setembro apresenta uma média climatológica de 295,3 UD, com um valor limite de 1,5 desvio padrão de 282,9 UD. O evento de "Efeito Secundário do Buraco de Ozônio Antártico" sobre o Sul do Brasil do dia 28 de setembro de 2008 caracterizou-se por apresentar valores abaixo deste limite entre os dias 27 a 30 de setembro de 2008, com seu valor mínimo no dia 28 de 275,2 UD, representando uma redução de 6,86% em relação à média climatológica.

Tendo em vista a redução na coluna total de ozônio mencionada anteriormente, realizou-se a análise isentrópica, verificando-se um aumento na vorticidade potencial absoluta do dia 26 para o dia 27 de setembro de 2008 e os ventos vindos de sul sobre a região do Observatório Especial do Sul, conforme ilustra a Figura 1 (a) e (b). Confeccionou-se a trajetória retroativa da massa de ar e observaram-se as imagens do satélite OMI do período, de acordo com a Figura 1 (c) e (d), as quais foram eficazes na caracterização da ocorrência do evento de "Efeito Secundário do Buraco de Ozônio Antártico" sobre o Sul do Brasil do dia 28 de setembro de 2008, devido a confirmação da origem polar da massa de ar que causou a diminuição da coluna total de ozônio para este evento.

Comprovada a ocorrência do evento mencionado anteriormente, foi realizada uma análise dos campos meteorológicos troposféricos dos dias 27, 28 e 29 de setembro de 2008, a fim de se identificar as condições sinóticas características para eventos, após a realização de estudo para vários casos (Peres, et al., 2010).

A partir da análise sinótica, para o dia 27 de setembro de 2008, observa-se a atuação de uma área de circulação anticiclônica associada a uma crista que se estende desde o Sul da Bolívia, passando pelo Paraguai, Norte e Leste da Argentina, proporcionando a ocorrência de um máximo de advecção de vorticidade positiva sobre o Oeste da região Sul do Brasil em 500 mb (Fig.1-(a)), combinado com a presença da saída equatorial do núcleo do jato polar em 250 mb que é uma região favorável a subsidência e ao ingresso de ar da estratosfera para a troposfera sobre o Uruguai e o estado do Rio Grande do Sul (Fig.1-(b)), e a presença de uma "língua quente" na

espessura entre 1000 – 500 mb juntamente com uma região de pressões mais baixas desde o Leste das cordilheiras dos Andes ao Oeste da região Sul do Brasil e a atuação de um centro de alta pressão sobre o oceano Atlântico Sul que influenciava o litoral e centro Oeste da região Sul do Brasil no campo de pressão em superfície (Fig.1-(c)), proporcionaram que o estado do Rio Grande do Sul estivesse sobre o domínio de uma massa de ar estável sem nebulosidade (Fig.1-(d)).

No dia 28 de setembro de 2008, dia em que ocorreu o menor valor na coluna total de ozônio sobre a região central do estado do Rio Grande do Sul, esta região ainda estava sobre o domínio da área de circulação anticiclônica associada a uma crista em 500 mb (Fig.2-(a)), e da região favorável a subsidência e ao ingresso de ar da estratosfera para a troposfera devido a a presença da saída equatorial do núcleo do jato polar em 250 mb sobre o Sul do Brasil (Fig.2-(b)).

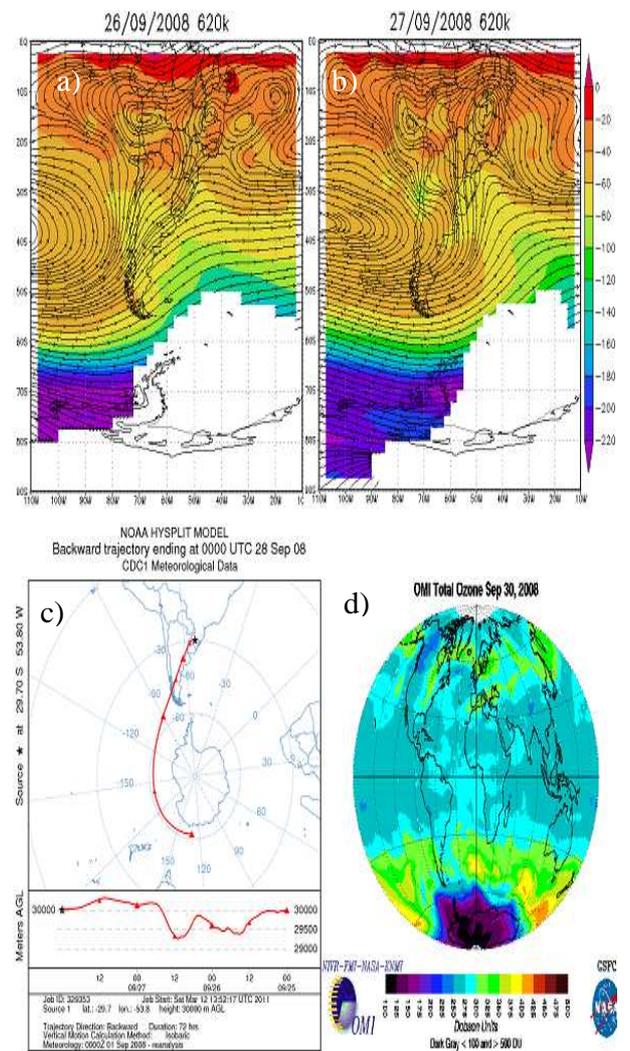


Fig. 1 – Vorticidade potencial e campo de vento nos dias (a) 26 e (b) 27 de setembro de 2008 a 620K. Trajetória retroativa da massa de ar para o dia 28 de setembro de 2008 (c) e imagem de satélite OMI do dia 30 de setembro de 2008 (d).

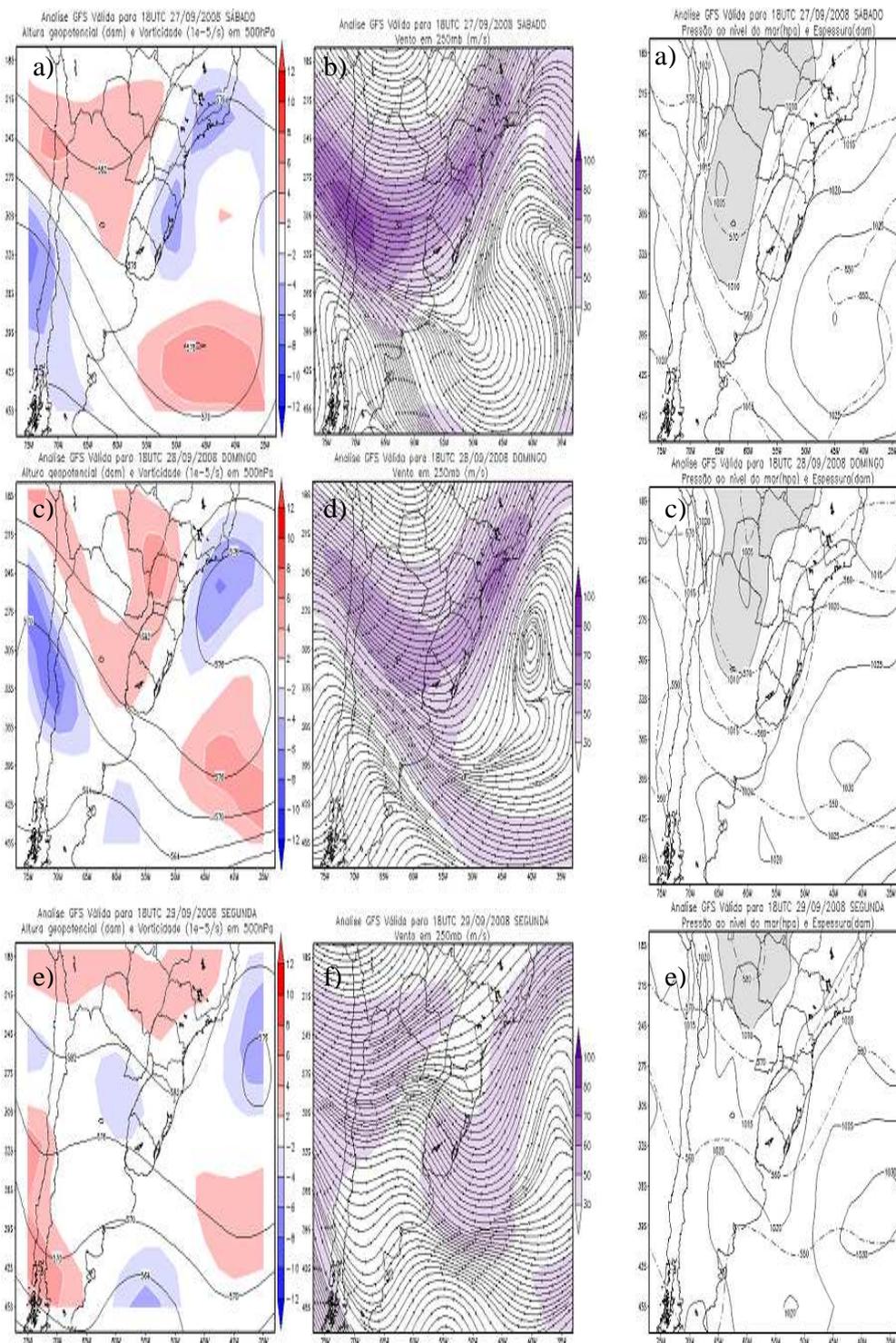


Fig. 2 – Altura geopotencial e vorticidade em 500 hPa e vento em 250 hPa, para os dias 27 (a) e (b), 28 (c) e (d) e 29 (e) e (f) de setembro de 2008 as 18:00 UTC.

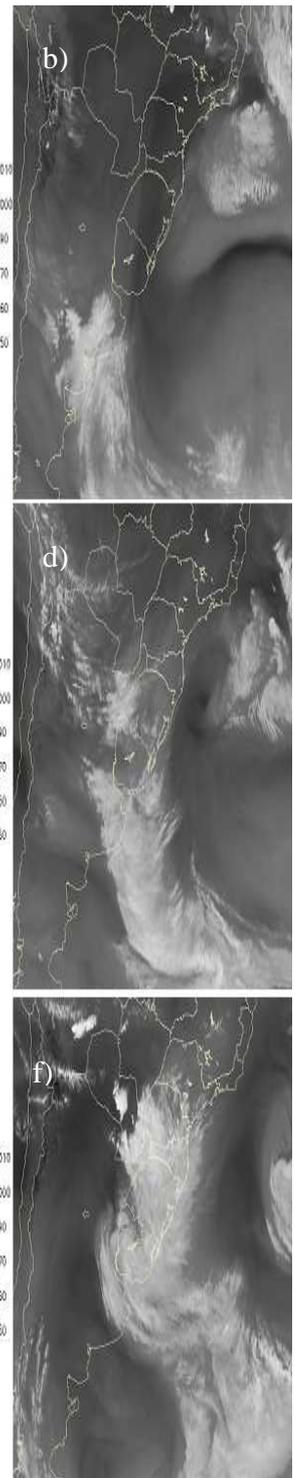


Fig. 3 – Pressão ao nível do mar e espessura entre 500 e 1000 hPa e imagens de satélite do vapor d'água do satélite GOES 10 para os dias 27 (a) e (b), 28 (c) e (d) e 29 (e) e (f) de setembro de 2008 as 18:00 UTC.

Porém, a aproximação de área de baixa pressão continental em superfície e advecção positiva de temperatura sobre o Oeste e centro da região Sul do Brasil (Fig.2-(c)), proporcionaram a formação de nebulosidade sobre o Oeste e Sul do Estado do Rio Grande do Sul conforme a Figura 1(d).

Entretanto, no dia 29 de setembro de 2008, o valor da coluna total de ozônio começa a se restabelecer e o Sul do Brasil encontra-se na área ativa da onda em 500mb, a Leste de um cavado com advecção de vorticidade negativa (Fig.3-(a)), com difluência a Norte e aceleração no centro e Sul do Estado do Rio Grande do Sul em 250 mb (Fig.3-(b)), e sobre o domínio de áreas de baixa pressão em superfície, influenciadas pela presença de dois cavados, um ao Sul da região da foz do Rio da Prata e outro a esquerda da região Oeste do Estado do Rio Grande do Sul (Fig.3-(c)), que ocasionaram a formação de uma intensa área de nebulosidade sobre o Sul do Brasil.

Conclusões

Através da observação da série de dados da coluna total de ozônio, do cálculo de suas médias climatológicas e da separação de dias abaixo do limite de 1,5 desvios padrão e da análise isentrópica, pode-se observar que ocorreu um aumento da vorticidade potencial absoluta na região do Observatório Espacial do Sul causada pelo ingresso de uma massa de ar proveniente da região polar Antártica, o que ocasionou o transporte de ar pobre em ozônio para a Região Sul do Brasil, confirmado pelas trajetórias dos campos de vento sobrepostos a vorticidade potencial absoluta, trajetória retroativa da massa de ar e pela imagem do satélite OMI, caracterizando a ocorrência do evento de "Efeito Secundário do Buraco de Ozônio Antártico" sobre o Sul do Brasil no dia 28 de setembro de 2008.

Do estudo, observou-se que durante a ocorrência do evento, a condição meteorológica troposférica identificada foi a de que o evento de queda na coluna total de ozônio ocorreu durante a passagem de uma massa de ar estável e sem nebulosidade sobre o sul do Brasil, causada pela atuação de uma área de circulação anticiclônica associada a uma crista em 500mb, associado com a presença de uma região favorável a subsidência e ao ingresso de ar da estratosfera para a troposfera devido a presença da saída equatorial do núcleo do jato polar em 250 mb e a presença uma região de pressões mais baixas desde o leste das cordilheiras dos Andes até o Oeste da região Sul do Brasil e a atuação de um centro de alta pressão sobre o oceano Atlântico Sul que influenciava o litoral e centro Oeste da região Sul do Brasil no campo de pressão em superfície, do dia 27 para 28 de setembro de 2008, respectivamente o dia anterior e o dia em que o valor da coluna total de ozônio obteve o valor baixo.

Porém, no dia 29 de setembro de 2008, dia em que a coluna total de ozônio começa a se restabelecer, o sul do Brasil encontra-se na área ativa da onda, a Leste de um cavado com advecção de vorticidade negativa em 500mb, com difluência a Norte e aceleração no centro e Sul do Estado do Rio Grande do Sul em 250 mb, e sobre o domínio de áreas de baixa pressão em superfície, influenciadas pela presença de dois cavados, um ao Sul

da região da foz do Rio da Prata e outro a esquerda da região Oeste do Estado do Rio Grande do Sul, que ocasionaram a formação de uma intensa área de nebulosidade sobre a região Sul do Brasil.

Cabe ressaltar que as condições meteorológicas troposféricas do evento podem ter ocorrido isoladamente, necessitando-se de estudos mais aprofundados de outros eventos para confirmar a frequência de ocorrência do referido fenômeno.

Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES e ao Programa PIBIC/UFMS – CNPq/MCT pelas bolsas concedidas e a NASA/TOMS e NCEP/NCAR pela disponibilidade dos dados. Agradecimentos ao apoio do projeto ATMANTAR do Ano Polar Internacional processo nº52.0182/2006-5, PROANTAR/MCT/CNPq.

Referências Bibliográficas

- FARMAN, J. C.; GARDINER, B. G. and SHANKLIN, J. D. (1985). Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal ClOx/NOx interaction. **Nature**, 315: 207-210.
- KIRCHHOFF, V. W. J. H.; SCHUCH, N. J.; PINHEIRO, D. K.; HARRIS, J. M. (1996). Evidence for an ozone hole perturbation at 30° south. **Atmospheric Environment**, 33(9):1481-1488.
- OHRING, G.; BOJKOV, R. D.; BOLLE, H. J, HUDSON, R. D. and VOLKERT, H. Radiation and Ozone: Catalysts for Advancing International Atmospheric Science Programmes for over half a century. **Space research Today**, n177, April 2010.
- PERES, L. V.; KALL, E.; PINHEIRO, D. K.; SCHUCH, N. J.; LEME, N. M. P.; Análise sinótica do dia 08 de outubro de 2007: ocorrência de efeito secundário do buraco de ozônio antártico sobre a região central do Rio Grande do Sul. **Anais do XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia**, Agosto de 2010.
- PRATHER, M. and JAFFE, H. (1990). Global impact of the Antarctic ozone hole: chemical propagation. **J. Geophys. Res.**, 95: 3413-3492.
- SOLOMON, S. (1999). Stratospheric ozone depletion: a review of concepts and history. **Reviews of Geophysics**, 37(3): 275-316.
- SEMANE, N.; BENCHERIF, H.; MOREL, B.; HAUCHECORNE, A. and DIAB, R. D. (2006). An unusual stratospheric ozone decrease in Southern Hemisphere subtropics linked to isentropic air-mass transport as observed over Irene (25.5° S, 28.1° E) in mid-May 2002. **Atmos. Chem. Phys.**, 6: 1927-1936.