

# **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**

*Lucas Vaz Peres<sup>1</sup>, Elenice Kall<sup>1,2</sup>, Damaris K. Pinheiro<sup>2</sup>,  
Nelson Jorge Schuch<sup>1</sup>, Neusa Maria Paes Leme<sup>3</sup>.*

[1] 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.

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

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

lucasvazperes@hotmail.com, eleniceka@gmail.com, damariskp@gmail.com,  
njschuch@lacesm.ufsm.br, neusa\_paesleme@yahoo.com.br

**RESUMO:** A partir dos dados do Espectrofotômetro Brewer MKIII # 167, coletados no Observatório Espacial do Sul - OES/CRS/CCR/INPE – MCT (29,42°S, 53,87°O), em São Martinho da Serra, em parceria entre o Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CCR/INPE - MCT, o Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria – LACESM/CT/UFSM e o Laboratório de Ozônio do DGE/CEA/INPE – MCT, em São José Campos, SP, pode-se perceber que, no período em que o “Buraco de Ozônio Antártico” está aberto, há eventos de queda na coluna total de ozônio na região Sul do Brasil em relação às médias mensais, os quais são considerados efeitos secundários do “Buraco”. No é feita uma análise sinótica para evento do dia 08 de outubro de 2007, onde é evidenciada a chegada de uma massa de ar pobre em ozônio proveniente da Antártica sobre a Região Central do Rio Grande do Sul, causando efeitos secundários do buraco de ozônio Antártico e quais foram os padrões de dinâmica da troposfera nas condições meteorológicas em que ocorreu o evento.

**ABSTRACT:** Based on data from Brewer spectrophotometer MKIII # 167, collected in the Southern Space Observatory - OES/CRS/CCR/INPE-MCT (29.42 ° S, 53.87 ° W), in São Martinho da Serra, Brazil, in a partnership between the Southern Regional Space Research - CRS/CCR/INPE – MCT, Space Science Laboratory of Santa Maria - LACESM/CT-UFSM and Ozone Laboratory at the DGE/CEA/INPE-MCT, in São José Campos, SP, it is observed that in the period in which the "Antarctic Ozone Hole" is opened, there are events in which the ozone total column decreased in Southern Brazil in relation to monthly averages. Such events are considered secondary effects of the "Ozone Hole". This work presents an analysis of the synoptic event for October, 8<sup>th</sup> 2007, where it is evident the arrival of a ozone-poor airmass from the Antarctic on the Central Region of the Rio Grande do Sul state, Brazil, causing secondary effects of the Antarctic ozone hole and also what were the troposphere dynamic weather conditions parameters when this event occurred.

**Palavras-Chave:** Ozônio, Efeitos Secundários, Campos de Ventos, Isentrópicas, Análise Sinótica.

## **1. INTRODUÇÃO**

No continente antártico detecta-se uma considerável diminuição do conteúdo total de ozônio durante o período da primavera. Esta diminuição é conhecida como “buraco” na

camada de ozônio, sendo sazonal e manifestando-se no início da primavera austral até novembro de cada ano. 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 (Kirchhoff et al, 1996). 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. A comprovação desses eventos pode ser feita através da análise de vorticidade potencial (PV) sobre superfícies isentrópicas (Semane et al, 2006). A evolução de PV em uma superfície isentrópica pode ser usada como uma substituta para o estudo do transporte de constituintes traços, em superfícies isentrópicas. A distribuição de PV em superfícies isentrópicas pode ser invertida para produzir campos de vento e temperatura.

Apesar de o fenômeno ser relativamente conhecido, os padrões da dinâmica troposférica e das condições meteorológicas em que o efeito secundário ocorre e sua relação com o transporte de ozônio na estratosfera ainda são desconhecidas.

O trabalho tem por objetivo caracterizar o efeito secundário do “buraco de ozônio Antártico” na região central do Rio Grande do Sul, para o evento ocorrido no dia 08 de outubro do ano de 2007, através da análise isentrópica com os campos de vento e imagens de satélite que podem ajudar a comprovação desses efeitos. Apresenta uma análise meteorológica de padrões de dinâmica troposférica e de condições meteorológicas em que ocorreu o fenômeno.

## 2. METODOLOGIA

São utilizados para essa análise medidas da coluna total de ozônio, obtidas pelo Espectrofotômetro Brewer instalado no Observatório Espacial do Sul bem como medidas da coluna total de ozônio coletados pelo satélite OMNI da NASA.

Parâmetros diários das componentes meridional (v-wind) e zonal (u-wind) dos ventos, temperatura, altura geopotencial, umidade, espessura, vorticidade, para os níveis de pressão 1000, 925, 850, 700, 600, 500, 400, 300, 250, 200, 150, 100, 70, 50, 30, 20, 10 hPa e pressão ao nível médio do mar, 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 200 hPa, umidade e vento em 850 hPa e pressão ao nível do mar e espessura gerando mapas com o *software*, de domínio público, GrADS (*Grid Analysis and Display System*), além de imagens de satélite do GOESS 10 para o infravermelho e realçadas.

## 3. RESULTADOS

A análise isentrópica e sinótica foi realizada para o dia 08/10/2007, visto ter sido observada uma queda da concentração do ozônio atmosférico para 267,6 UD, quando o valor médio de ozônio para a região do Observatório Espacial do Sul é de 291,3 +/- 9,8 UD no mês de outubro. Analisaram-se dois dias anteriores ao dia 08 e o dia em que a queda no conteúdo total de ozônio foi registrada, a fim de avaliar a “vorticidade potencial absoluta – VPA” e os padrões de dinâmica da troposfera e condições meteorológicas destes dias.

A análise demonstrou um aumento na VPA (Figura 1a, b, c) que é observado constatando-se a origem polar das massas de ar. Os campos de ventos sobrepostos a VPA (Figura 1a, b, c), confirmam o sentido do caminho do pólo para o subtropical, além das trajetórias retroativas correspondentes no referidos dias (Figura 1d) e a imagem do satélite OMI (Figura 1e). Portanto, comprova-se a ocorrência do efeito secundário do buraco de ozônio antártico para o dia 08/10/2007.

Para a análise sinótica foram analisados altura geopotencial e vorticidade em 500 hPa (Figura 2, 3, 4a), pressão ao nível do mar e espessura (Figura 2, 3, 4b), umidade e vento em

850 hPa (Figura 2, 3, 4c), campos de vento em 200 hPa (Figura 2, 3, 4d), e imagens de satélite para o infravermelho e realçada (Figura 2, 3, 4e), campos estes comumente analisados em previsão do tempo.

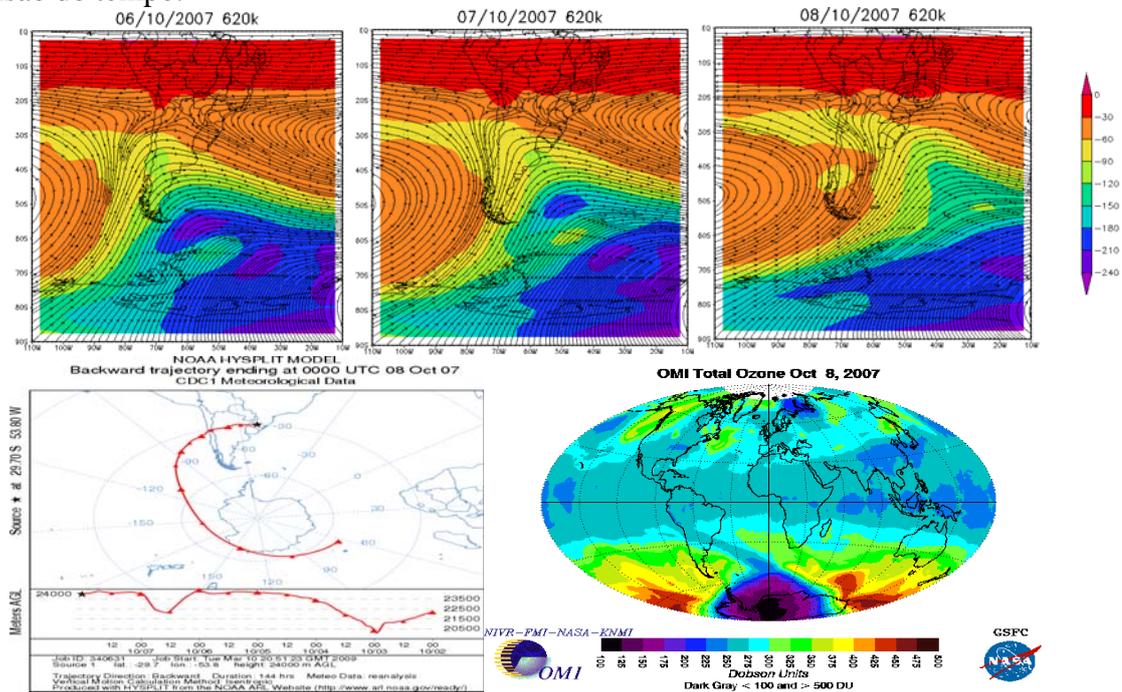


Fig. 1 - Transporte da superfície isentrópica 620K para os dias (a) 06, (b) 07 e (c) 08/10/2007, com os campos de vento sobrepostos indicando a direção dos ventos, (d) trajetória retroativa (*backtrajectory* – Modelo HYSPLIT) dos ventos mostrando a origem polar de massas de ar sobre o Observatório Espacial do Sul, dia 08/10/2007 a 24 km, (e) imagens do satélite OMI mostrando diminuição de ozônio na região do Observatório Espacial do Sul no dia.

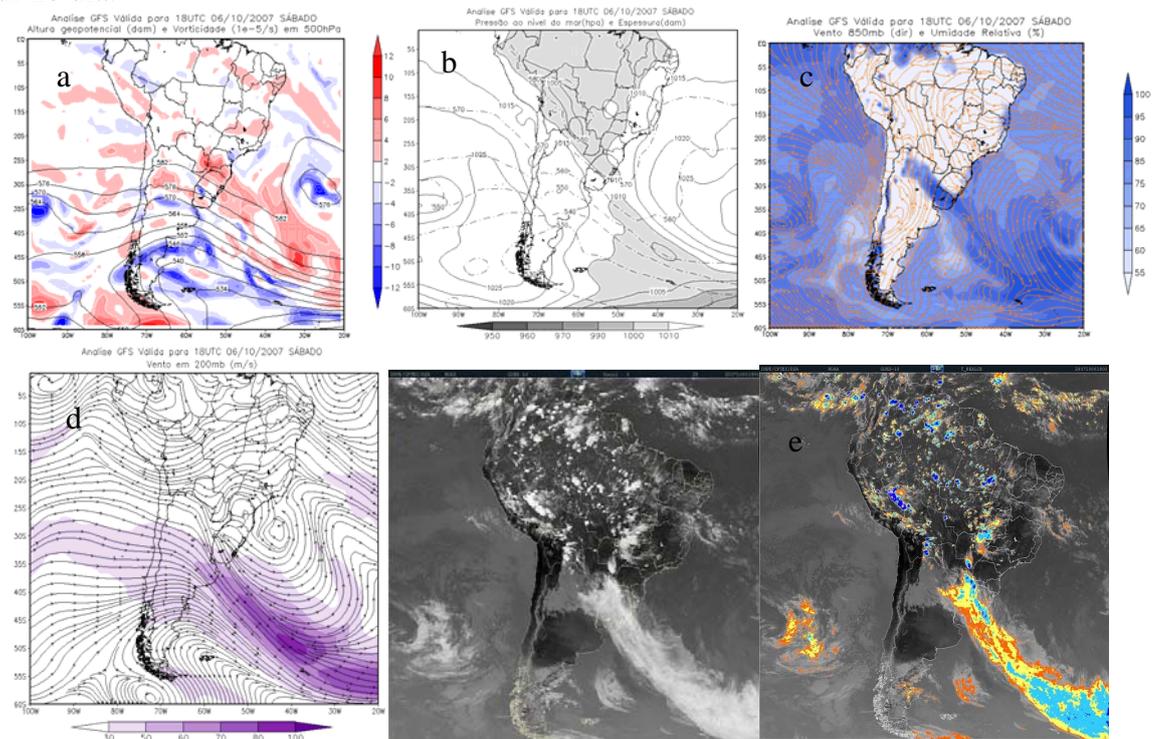


Fig. 2 – (a) Campos de altura geopotencial e vorticidade em 500hPa, (b) pressão em superfície e espessura, (c) umidade e vento em 850hPa, (d) vento em 200hPa, (e) imagens de satélite para o infravermelho e realçada no horário de 18:00 UTC para o dia 06/10/2007.

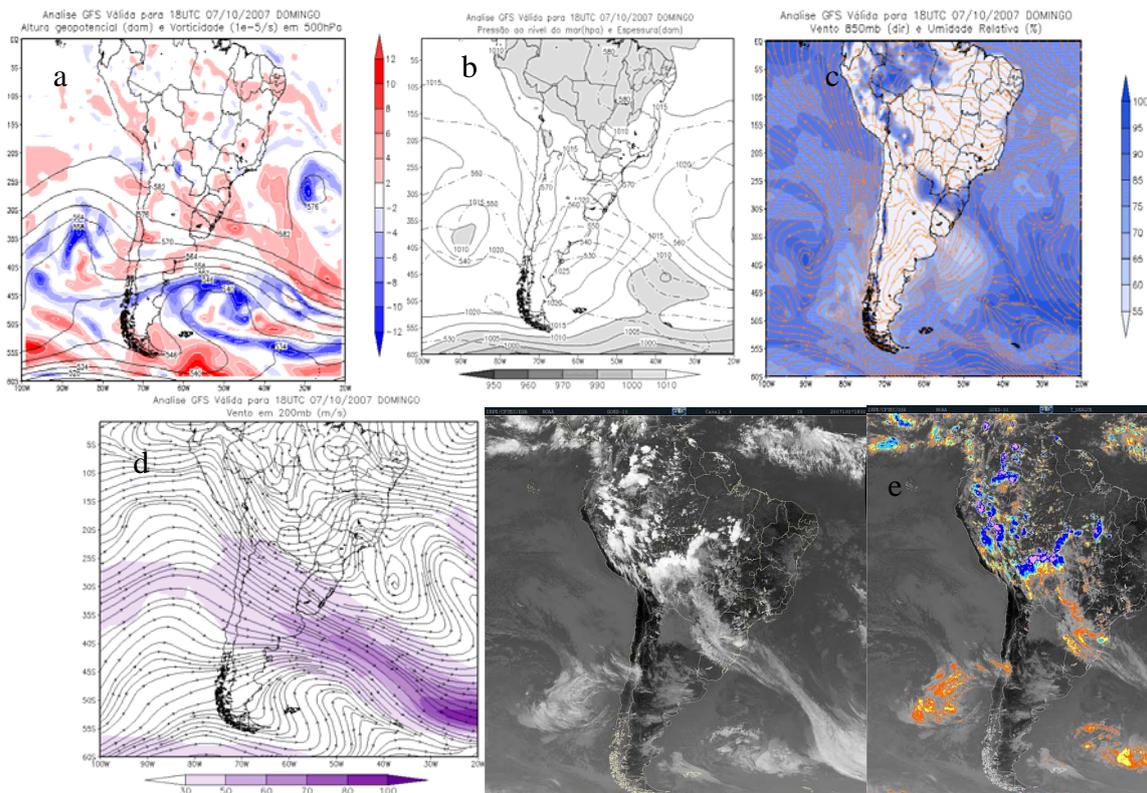


Fig. 3 – (a) Campos de altura geopotencial e vorticidade em 500hPa, (b) pressão em superfície e espessura, (c) umidade e vento em 850hPa, (d) vento em 200hPa, (e) imagens de satélite para o infravermelho e realçada no horário de 18:00 UTC para o dia 07/10/2007.

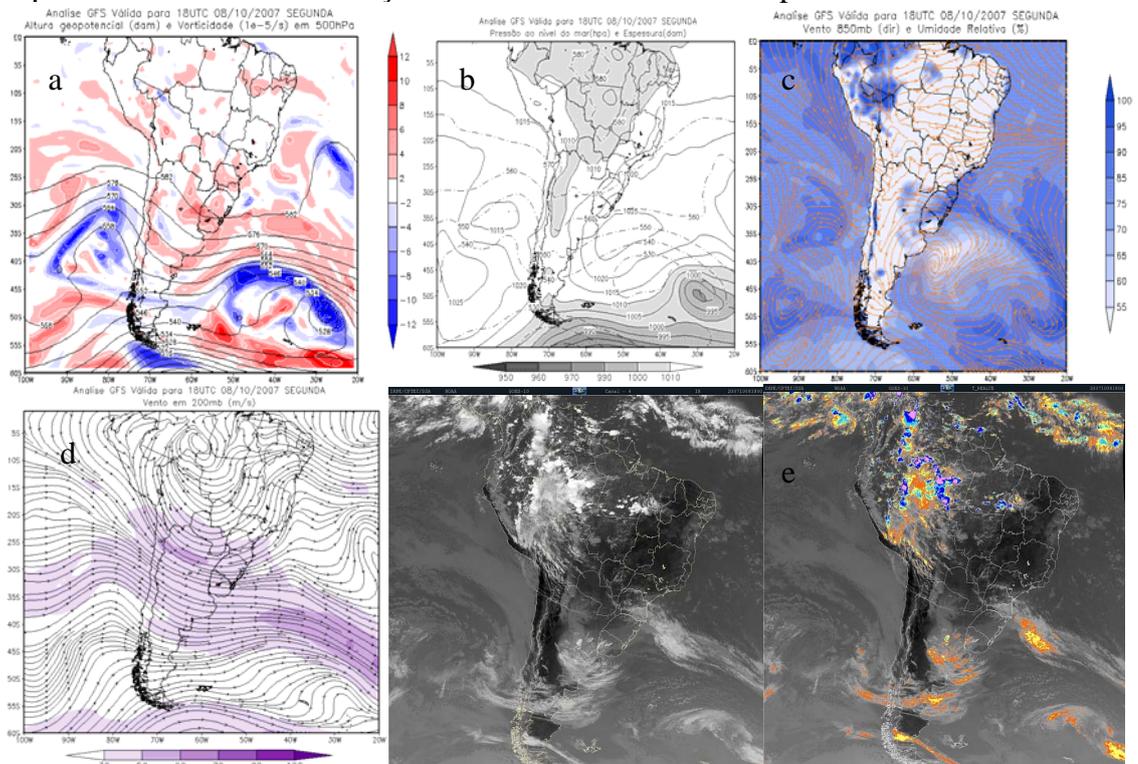


Fig. 4- (a) Campos de altura geopotencial e vorticidade em 500hPa, (b) pressão em superfície e espessura, (c) umidade e vento em 850hPa, (d) vento em 200hPa, (e) imagens de satélite para o infravermelho e realçada no horário de 18:00 UTC para o dia 08/10/2007.

Foi observado que no dia 06/10/2007, conforme a Figura 2, uma área de instabilidade (frente fria) com muita nebulosidade, que estava localizada sobre o Uruguai e Sul do Rio Grande do Sul, comprovado pelo posicionamento da entrada equatorial da corrente de jato subtropical em 200 hPa, um cavado com região de vorticidade negativa em 500 hPa, região de convergência de escoamento e elevada umidade em 850 hPa e uma baixa pressão (ponto de colo) em superfície e um gradiente de espessura nesta região mencionada anteriormente.

Para o dia 07/10/2007, de acordo com a Figura 3, a frente fria avançou para o Sul do Brasil, alcançando o estado de Santa Catarina e oceano Atlântico, observando-se a entrada pelo Sul do Rio Grande do Sul de um centro de alta pressão, ocasionando a diminuição da nebulosidade e da umidade. No dia 08/10/2007, a frente fria alcançou o estado do Paraná e se desloca em direção ao oceano Atlântico, o centro de alta pressão se instalou e se intensificou sobre o estado do Rio Grande do Sul, diminuindo o teor de umidade sobre o estado, onde se observa um escoamento zonal em 500 hPa, momento em que a massa de ar polar pobre em ozônio atinge a região do sul do Brasil.

#### **4. CONCLUSÕES**

Através da análise isentrópica, pode-se observar que ocorreu um aumento da “vorticidade potencial” na região do Observatório Espacial do Sul proveniente da região polar Antártica, conseqüentemente ocasionando o transporte de massas de ar pobre em ozônio, para a Região Sul do Brasil, confirmado pelas trajetórias dos campos de vento sobrepostos a VPA, trajetória retroativa da massa de ar e pela imagem de satélite.

Através da análise, observa-se que a ocorrência do efeito secundário do buraco de ozônio em 08/10/2007 deu-se após a passagem de uma frente fria e o ingresso de um centro de alta pressão em superfície, circulação anticiclônica e diminuição da umidade em 850 hPa, ingresso de uma crista com vorticidade positiva seguida de escoamento zonal em 500 hPa e afastamento do núcleo da corrente de jato em 200 hPa sobre a região central do Rio Grande do Sul.

Cabe ser ressaltado que as condições troposféricas do evento podem ter ocorrido isoladamente, necessitando-se de estudos mais aprofundados de outros eventos similares para confirmar se estas condições meteorológicas possam ocorrer frequentemente neste tipo de fenômeno.

#### **5. AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao Programa PIBIC/INPE – CNPq/MCT pela aprovação do Projeto de Pesquisa 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.

#### **6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- DOBSON, G. M. B. – Ozone in the Atmosphere, In: DOBSON, G.M.B. Exploring the Atmosphere. Oxford: University Press, p. 111-136, 1968.
- KIRCHHOFF, V. W. J. H.; SCHUCH, N. J.; PINHEIRO, D. K.; Harris, J. M. Evidence for an ozone hole perturbation at 30° south. *Atmospheric Environment*, v. 33, Nº 9, p. 1481-1488, 1996.
- SEMANE, N.; BENCHERIF, H.; MOREL, B.; HAUCHECORNE, A. and DIAB, R. D. 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.*, v. 6, p. 1927-1936, 2006.
- SOLOMON, S. Stratospheric ozone depletion: a review of concepts and history. *Reviews of Geophysics*, v. 37, n. 3, p. 275-316, 1999.