

## MEDIDAS DE CAMPOS ELÉTRICOS COM DETETORES A BORDO DE BALÕES ESTRATOSFÉRICOS NA REGIÃO DA ANOMALIA MAGNÉTICA DO ATLÂNTICO SUL

I. R. C. A. PINTO, O. PINTO JR., A. L. C. GONZALEZ,  
W. D. GONZALEZ E S. L. G. DUTRA

*Instituto de Pesquisas Espaciais — INPE  
C. P. 515, 12225 São José dos Campos — SP — Brasil*

In this work new measured values for the atmospheric electric fields in the region of the South Atlantic Magnetic Anomaly are presented. The data were obtained in 1981 using a stratospheric balloon-borne double probe detector. They add new information to previous results, obtained initially in 1980 by the same technique, allowing an improvement to the understanding of the possible origin of these fields.

### INTRODUÇÃO

A pesquisa de campos elétricos com balões estratosféricos teve o seu início na década de 50 com medidas do campo elétrico vertical associado a tempestades atmosféricas. Somente em 1969 foram realizadas as primeiras medidas de campos elétricos horizontais, utilizando a técnica de sonda dupla de Langmuir, por Mozer & Serlin (1969), em altas latitudes. Os campos elétricos apresentaram amplitudes de até 40 mV/m e estavam associados a movimentos convectivos na magnetosfera.

Medidas de campos elétricos horizontais na atmosfera da região da Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AAS), utilizando a técnica de sonda dupla, foram realizadas pela 1ª vez por Gonzalez et al. (1982) (ver também Dutra, 1982). A Figura 1 mostra os campos elétricos medidos em baixas latitudes, a aproximadamente 30 km de altura, em 9 de abril de 1980, durante um período magnético de atividade moderada (a somatória dos índices Kp nas 24 horas que antecederam ao final do vôo foi igual a 24 e o valor máximo do índice Dst para o mesmo período foi igual a 29 — Solar Geophysical Data, 1980a, b). O campo elétrico vertical apresenta um valor em torno de 200 mV/m, apontando para o solo, característico de tempo bom (por campo elétrico de tempo bom entende-se aquele campo vertical devido à diferença de aproximadamente 200 kV entre a ionosfera e o solo). Os campos elétricos horizontais atingem amplitudes de até 10 mV/m, bem superiores a 3 mV/m que é o valor esperado para fontes ionosféricas (Gonzalez et al., 1982).

Dutra (1982) realizou um estudo das possíveis origens dos campos elétricos horizontais mostrados na Fig. 1. Em seu estudo vê-se que os campos elétricos orográficos correspondentes à região da medida não atingem amplitudes maiores do que 1 mV/m, em aproximadamente 30 km. Tempestades atmosféricas associadas a nuvens convectivas do tipo cumulonimbus, embora possam produzir campos horizontais de dezenas de mV/m, não estavam

presentes durante as medidas. Dutra (1982) então concluiu que estes campos elétricos horizontais deveriam estar provavelmente relacionados à precipitação de elétrons energéticos na região da AAS em associação com a atividade magnética. Elétrons energéticos em precipitação na atmosfera produzem pares de íons, causando um aumento da condutividade. Este aumento por sua vez, tende a ser máximo numa região em torno de 60 km, onde a ionização devida a outras fontes (radiação solar e raios-cósmicos) é mínima. É estabelecido, então, um gradiente de condutividade nestas alturas que tende a distorcer as linhas de campo elétrico vertical de tempo bom, dando origem a campos elétricos horizontais que podem atingir valores de até dezenas de mV/m.

O presente trabalho apresenta medidas de campos elétricos efetuadas com um detetor de sonda dupla a bordo de um balão estratosférico lançado de São José dos Campos em 14 de abril de 1981. Estas medidas ratificam os grandes valores das magnitudes dos campos elétricos horizontais medidos anteriormente e contribuem para uma melhor análise da possível origem destes campos.

### EXPERIMENTO

O detetor de campo elétrico utiliza a técnica de sonda dupla, que consiste num conjunto de sondas de Langmuir alinhadas com três eixos ortogonais, um deles vertical e os outros dois horizontais (Fig. 2). Esta técnica largamente utilizada em altas latitudes (Fahleson, 1967; Mozer & Serlin, 1969; Mozer, 1971), foi aplicada pela primeira vez na região da AAS em 1980 (Gonzalez et al., 1982; Dutra, 1982).

O detetor gira com um período da ordem de 15 s, com a finalidade de separar as componentes horizontais do campo, moduladas com este período, de qualquer contribuição devida à componente vertical, ao potencial de contato das sondas ou a qualquer outro nível DC porven-

tura existente no circuito eletrônico. Este giro é o responsável pela forma senoidal do sinal recebido.

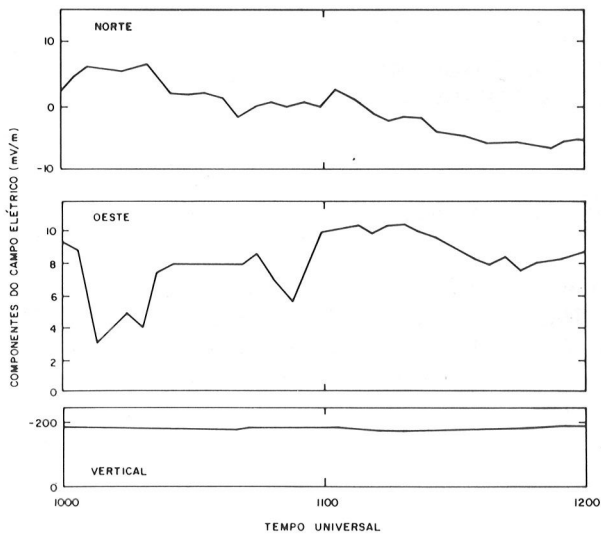


Figura 1 — Detalhe dos campos elétricos medidos (mV/m) em 09/04/1980. Na parte superior, a componente na direção norte; no meio, a componente na direção oeste; e na parte inferior, a componente vertical (subtrair três horas para obter a hora local). FONTE: Dutra (1982), p. 80.

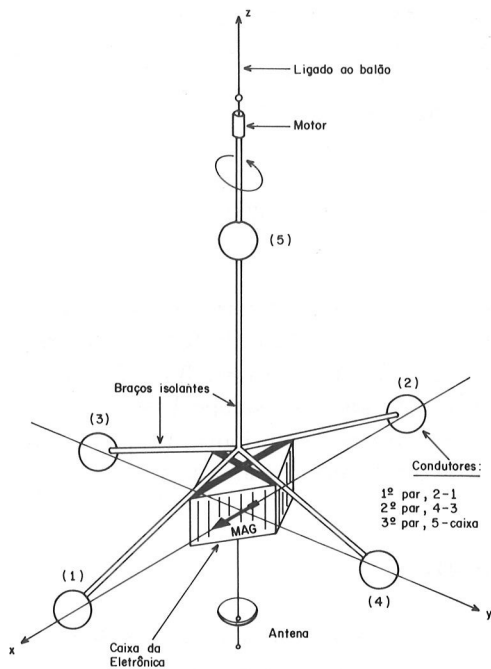


Figura 2 — Croqui do detetor lançado em balão.

Além das sondas duplas, foram utilizados no experimento sensores de pressão (do tipo aneróide), de temperatura (do tipo termistor) e de campo magnético (baseado no efeito Hall).

Um balão estratosférico levando a bordo o equipamento, lançado de São José dos Campos no dia 14 de abril de 1981, às 2:48 TL, atingiu uma altura máxima de 38 km às 4:48 TL, permanecendo nesta altitude até aproximada-

mente 7:00 TL. O sinal, codificado em 8 bits, foi transmitido numa taxa de 512 bits por segundo (correspondente a uma frequência de amostragem de 4 Hz) utilizando um sistema de telemetria FM-FM.

## RESULTADOS E CONCLUSÕES

A fig. 3 mostra a variação da temperatura, da pressão, e das amplitudes do campo elétrico vertical e do horizontal, medidas durante o evento de 14 de abril de 1981. Tanto o campo elétrico vertical quanto o horizontal apresentaram saturação durante a subida do balão até atingir o nível de 4 mb (~38 Km), devido a rápida ascensão do balão. Após às 5:50 TL novamente o campo elétrico horizontal mostrou-se saturado, desta vez em associação com flutuações no campo elétrico vertical. Estas flutuações foram recentemente detetadas por Holzworth et al. (1984), não se conhecendo ainda os mecanismos físicos responsáveis pelas mesmas. Os valores de campo elétrico horizontal apresentados são médias, durante intervalos de 2 minutos, dos valores obtidos através de um ajuste senoidal aos dados medidos (Lavergnat et al., 1980). O erro médio do campo elétrico horizontal é da ordem de  $\pm 2$  mV/m. Os valores do campo elétrico vertical são instantâneos, com um erro médio de  $\pm 10$  mV/m.

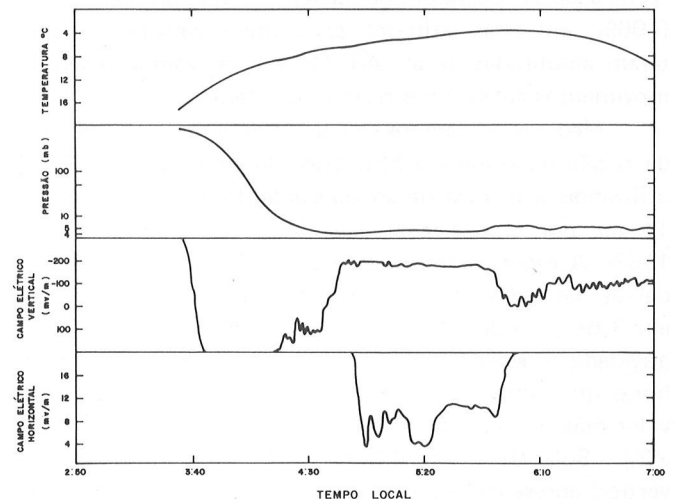


Figura 3 — Temperatura, pressão, campo elétrico vertical e campo elétrico horizontal medidos em 14/04/81.

No que se refere às atividades meteorológica e magnética para o evento de 14 de abril de 1981, as medidas ocorreram durante um período de tempo meteorologicamente bom (como evidenciado pelas fotos do satélite SMS-2) e durante um período magneticamente perturbado (fase de recuperação de uma intensa tempestade magnética) com a somatória do índice Kp nas 24 horas que antecederam ao final do vôo igual a 41 e o valor máximo do índice Dst para o mesmo período igual a 291 (Solar Geophysical Data, 1981, 1982).

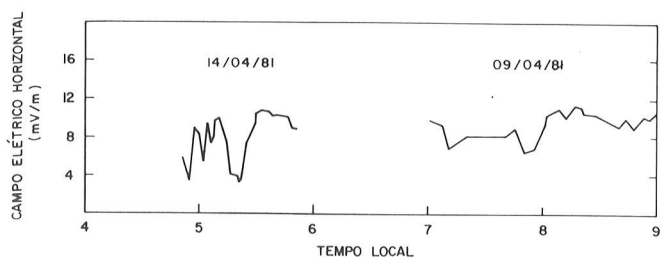


Figura 4 — Comparação entre as magnitudes dos campos elétricos horizontais medidos em 09/04/1980 (valores entre 7:00 TL e 9:00 TL) e em 14/04/1981 (valores entre 4:50 TL e 5:50 TL).

A Fig. 4 mostra uma comparação, em função da hora local, entre as magnitudes dos campos elétricos horizontais apresentados nas Figs. 1 e 3. Pode-se notar que ambas as medidas apresentam valores da mesma ordem de magnitude (um valor médio de 9,22 mV/m para 09/04/80 e de 8,35 mV/m para 14/04/81), a despeito do fato de o evento de 1980 ter ocorrido durante um período magneticamente moderado e o evento de 1981 durante um período magneticamente perturbado. Por outro lado, variações temporais

acentuadas na magnitude do campo elétrico horizontal, da ordem de 10 minutos, aparentes nos dados de 1981, não são vistas no evento de 1980. Tais flutuações, já medidas por riômetros (Trivedi et al., 1973), devem estar associadas à dinâmica da precipitação de elétrons na AAS via interações onda-partícula (Gonzalez & Gonzalez, 1979) durante períodos de intensa atividade magnética.

Aparentemente a causa das grandes amplitudes dos campos elétricos horizontais medidos está relacionada à perturbação na condutividade elétrica da média atmosfera durante períodos de precipitação de elétrons energéticos posteriores a aumentos da atividade geomagnética. No entanto, uma análise quantitativa a respeito das origens dos campos medidos só será possível a partir de um maior conjunto de dados.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Dr. Ivan Jelinek Kantor o apoio durante todas as fases da pesquisa, ao Dr. Daniel Jean Roger Nordemann e ao Dr. José Marques da Costa as sugestões e a leitura crítica deste manuscrito.

## REFERÊNCIAS

- DUTRA, S. L. G. — 1982 — Campos elétricos em alturas de balão estratosférico. Tese de Doutorado em Ciência Espacial — INPE.
- FAHLESON, V. — 1967 — Theory of electric fields measurements conducted in the magnetosphere with electric probes. *Space Sci. Rev.*, **7**: 238-262.
- GONZALEZ, A. L. C. & GONZALEZ, W. D. — 1979 — The role of wave — particle interactions on the particle precipitation at the Brazilian Magnetic Anomaly. *Trans. Am. Geophys. Un. EOS*, **60**: 910.
- GONZALEZ, W. D., PEREIRA, A. E. C., GONZALEZ, A. L. C., MARTIN, I. M., DUTRA, S. L. G., PINTO Jr., O., WYGANT, J. & MOZER, F. — 1982 — Large horizontal electric fields measured at balloon heights of the Brazilian Magnetic Anomaly and association to local energetic particle precipitation. *Geophys. Res. Lett.*, **9**: 567-570.
- HOLZWORTH, R. H., ONSAGER, T., KINTNER, P. & POWELL, S. — 1984 — Planetary-scale variability of the fair-weather vertical electric field in the stratosphere. *Phys. Rev. Lett.*, **53**: 1398-1401.
- LAVERGNAT, J., PORTES, J. & SYLVAIN, M. — 1980 — A new algorithm to determine the parameters of a sinusoidal signal. *J. Comput. Phys.* **36**: 347-365.
- MOZER, F. S. — 1971 — Balloon measurements of vertical and horizontal electric fields. *Pure and Appl. Geophys.*, **84**: 32-45.
- MOZER, F. S. & SERLIN, R. — 1969 — Magnetospheric electric field measurements with balloons. *J. Geophys. Res.*, **74**: 4739-4754.
- SOLAR GEOPHYSICAL DATA — 1980a — n. 430, p. II.
- SOLAR GEOPHYSICAL DATA — 1980b — n. 431, p. I.
- SOLAR GEOPHYSICAL DATA — 1981 — n. 444, p. I.
- SOLAR GEOPHYSICAL DATA — 1982 — n. 451, p. I.
- TRIVEDI, N. B., RAI, D. B., MARTIN, I. M. & DA COSTA, J. M. — 1973 — Particle precipitation in Brazilian Geomagnetic Anomaly during magnetic storms. *Planet. Space Sci.*, **21**: 1699-1704.

Versão original recebida em Abr./85;

Versão final em Dez./85.