

O TOVS E AS RADIOSSONDAGENS NO PAÍS

Paulo Roberto Foster
Yoshihiro Yamazaki
Carlos Ho Shih Ning
Maria Roseli Cabral
Instituto de Pesquisas Espaciais
Ministério da Ciência e Tecnologia
Caixa Postal 515, 12201 - São José dos Campos, SP, Brasil

RESUMO

O Serviço de Satélites Ambientais (NESS), dos Estados Unidos da América (EUA), tem hoje a capacidade de produzir cerca de 20000 sondagens verticais da atmosfera, cobrindo todo o globo a cada 24 horas, utilizando informações dos sensores (TOVS) que estão a bordo dos dois satélites operacionais de órbita polar da série NOAA. Dados de satélites processados pela NESS e devidamente selecionados para coincidir em local e horário com sondagens meteorológicas convencionais (radiossondagem), realizadas por algumas estações meteorológicas do Brasil, são analisados para duas estações do ano (verão e inverno). São apresentadas as comparações entre as duas estruturas térmicas verticais obtidas por métodos completamente distintos. Dentro de um certo limite, perfeitamente aceitável para fins de previsão meteorológica a curto prazo, é demonstrado o grande potencial dos satélites de órbita polar.

ABSTRACT

The Environmental Satellite Service of The United States (ESSA) has capacity today to produce around 20000 vertical soundings of the atmosphere over the globe for every 24 hours using informations from the satellite sensors (TOVS) of two polar orbit operational satellite series of NOAA. The processed satellite data from ESSA and the simultaneously selected local time conventional meteorological radiosondes of some meteorological stations of Brazil are analysed for two season of the year (summer and winter). The comparison between the two vertical thermal structures obtained by these distinct methods are presented. Within a certain limit the short range forecast by meteorologists is perfectly acceptable for practical purposes. This demonstrates that the orbital polar satellites have great potentialities.

1. INTRODUÇÃO

A Divisão de Serviços de Dados de Satélites (DSDS) do Centro Nacional de Dados Climáticos, em conjunção com o Serviço Nacional de Dados e Informações de Satélites Ambientais (NESDIS) estabeleceu a criação de um banco de dados digitais coletados pelos satélites operacionais de órbita polar da série NOAA. Estes dados vem sendo arquivados desde o lançamento do TIROS-N, o primeiro satélite desta série, em outubro de 1979. Katerine (1979) fornece uma descrição completa sobre os tipos, detalhes de processamento e formatação dos dados que estão disponíveis neste banco de dados. As características instrumentais a bordo dos satélites da série NOAA encontram-se documentadas em Hussey, W.J. (1977).

Uma das características de fundamental importância, particularmente para a meteorologia, que os satélites NOAA apresentam é a sua capacidade máxima de produzir cerca de 20000 sondagens verticais da atmosfera, cobrindo todo o globo, a cada 24 horas. Essas sondagens são feitas a partir dos Sondadores Verticais Operacionais TIROS, conhecido como TOVS. Tipicamente, com os dois satélites operacionais, eles podem extrair cerca de 14000 a 16000 sondagens por dia. Essas

sondagens são processadas, e os dados coletados durante uma semana são gravados em uma fita magnética CCT.

As informações extraídas a partir dos sondadores verticais tem sido analisadas, em termos de impacto nas previsões meteorológicas, por vários pesquisadores (Tracton et alii, 1980, 1981; Miyakoda et alii, 1977; Druyan et alii, 1977; Bengtsson et alii, 1982; Wolfson et alii, 1983). No Brasil, devida a ausência de uma cobertura espacial e temporal apropriadas de radiossondagens, os dados dos satélites certamente produzirão um grande impacto na qualidade da previsão de tempo. Muito embora os satélites NOAA tenham o potencial de fornecer sondagens verticais da atmosfera, os problemas de resolução vertical, assimilação e métodos de extração dos dados encontram-se ainda em fase de pesquisa. Assim, para que se possa utilizar esses dados, é de fundamental importância o conhecimento sobre a qualidade dos mesmos. Para isso, dados adquiridos da DSDS foram analisados juntamente com observações convencionais de radiossondagens para algumas estações brasileiras.

2. DADOS E MÉTODOS

A formatação dos dados analisados apresenta basicamente duas partes distintas. Na primeira, 40 bytes contêm informações específicas sobre o conteúdo da fita e na segunda parte 280 bytes carregam as sondagens TOVS propriamente dita. As Tabelas 1 e 2 apresentam a descrição do conteúdo do diretório principal.

TABELA 1
INFORMAÇÕES DOS ELEMENTOS DO
DIRETÓRIO PRINCIPAL

Byte	Conteúdo
1 - 2	Número de elementos do diretório de dados.
3 - 6	Número total de sondagens da fita magnética.
7 - 8	Ano do processamento.
9 - 10	Mês do processamento.
11 - 12	Dia do processamento.
13 - 20	Reservados com "6666".

TABELA 2
DADOS DOS ELEMENTOS DO DIRETÓRIO PRINCIPAL

Byte	Conteúdo
1 - 2	Categoria de horários das sondagens.
3 - 4	Número de sondagens da categoria.
5 - 6	Ano da sondagem (século x 256 + ano).
7 - 8	Mês e dia da sondagem (mês x 256 + dia).
9 - 10	Hora da primeira sondagem (horas x 256 + minutos).
11 - 12	Hora da última sondagem (horas x 256 + minutos).
13 - 20	Reservados com "6666".

A categoria de horários das sondagens são classificadas de acordo com a Tabela 3.

TABELA 3
CATEGORIA DE HORÁRIOS DAS SONDAgens

Categoria	Intervalo das Sondagens (GMT)
1	00:00 - 02:59
2	03:00 - 05:59
3	06:00 - 08:59
4	09:00 - 11:59
5	12:00 - 14:59
6	15:00 - 17:59
7	18:00 - 20:59
8	21:00 - 23:59

A estrutura geral de cada fita magnética é apresentada na Tabela 4.

TABELA 4
ESTRUTURA DA FITA MAGNÉTICA TOVS

Diretório de Informações dos Elementos	
Diretório de dados do elemento *1	
Diretório de dados do elemento *2	
Diretório de dados do elemento *3	
.	.
.	.
Diretório de dados do elemento *n	
	EOF
Dados TOVS descritos pelo Diretório de dados do elemento *1	
	EOF
Dados TOVS descritos pelo Diretório de dados do elemento *2	
	EOF
Dados TOVS descritos pelo Diretório de dados do elemento *3	
	EOF
.	.
.	.
Dados TOVS descritos pelo Diretório de dados do elemento *n	
	EOF

(EOF - End Of File)

As sondagens TOVS são apresentadas por um registro lógico de 280 bytes e registro físico de 6440 bytes. Contudo, o diretório principal apresenta um tamanho variável dependendo do número de sondagem disponíveis. Em geral apresentam entre 280 a 3080 bytes. Nos 6440 bytes de registros físicos estão contidos 23 sondagens verticais de 280 bytes cada. Dados não definidos ou com problemas são denotados por "7777", os espaços reservados por "6666" e o final da sondagem por "8888". Muito embora Katarine (1979) descreva a formatação específica destes dados, ela é aqui apresentada porque foram encontrados alguns erros em sua documentação original. Na Tabela 5 é apresentada a formatação utilizada para a extração das informações das sondagens.

Na Tabela 6 é apresentada a codificação da identificação do satélite.

Dentre as 74 fitas magnéticas, adquiridas da Administração Nacional Atmosférica e Oceânica (NOAA), com dados do período de março de 1979 a julho de 1980, foram processadas apenas 14 fitas. A seleção dessas fitas magnéticas foi feita de maneira a coincidir com as datas nas quais se dispunha de dados de radiosondagens. A título de ilustração, são apresentadas na Figura 1 as coordenadas dos pontos, gerados a partir da sondagem global de 28/07/80 pelo satélite NOAA 6, durante os horários das 06:00/11:59.

A localização das estações de radiosonda gem selecionadas estão indicadas na Figura 1 pelo símbolo "●", e na Tabela 7 tem-se as respectivas identificações e posições geográficas.

TABELA 5
FORMATAÇÃO DOS DADOS TOVS

Byte	Conteúdo
1 - 2	Identificação do Satélite.
3 - 4	Ano x 256 + Mês.
5 - 6	Dia x 256 + Hora (GMT).
7 - 8	Minuto x 256 + Segundos (GMT).
9 - 10	Latitude (Graus x 100, +90 a -90).
11 - 12	Longitude (Graus x 100, +180 a -180).
13 - 14	Ângulo Zenital Solar (Graus x 100, +dia -noite, +90 a -90).
15 - 16	Indicador de Continente/Oceano (elevação em metros).
17 - 18	Temperatura da Superfície (Graus Kelvin x 10).
19 - 20	Pressão da Superfície estimada (mb x 10).
21 - 22	Combinação Instrumental utilizada.
23 - 24	Método de extração dos dados.
25 - 26	Desvio padrão do canal 7 do HIRS (Graus Kelvin x 100).
27 - 28	Desvio padrão do canal 5 do HIRS (Graus Kelvin x 100).
29 - 30	Valor médio de N* x 1000 (Metodo usado para o cálculo da radiancia clara na presença de nuvens.
31 - 32	Contador de varredura (uso específico com dados FGGE).
33 - 34	Flag VIRGS.
35 - 36	Dia do mês e hora (GMT) quando o Flag for dado (Dia x 256) + Hora.
37 - 38	Minutos e Segundos (GMT) quando o Flag for dado (Minuto x 256) + Segundos.
<u>DADOS DE TEMPERATURA</u>	
41 - 44	Contador especial do arquivo de dados de 7 dias.
45 - 46	Pressão do nível inferior da camada (mb x 10).
47 - 48	Pressão do nível superior da camada (mb x 10).
49 - 50	Temperatura media da camada (Graus Kelvin x 10).
51 - 52	Qualidade do dado (Graus Kelvin x 10).
53 - 164	Repetição dos Bytes *41 a *52 para 14 camadas.
<u>DADOS DE ÁGUA PRECIPITÁVEL</u>	
165 - 166	Pressão no nível inferior da camada (mb x 10).
167 - 168	Pressão no nível inferior da camada (mb x 10).
169 - 170	Água precipitável na camada (mm).
171 - 172	Qualidade do dado (percentagem).
173 - 188	Repetição dos dados dos Bytes *165 a*172 para 3 camadas.
<u>DADOS DA TROPOPAUSA</u>	
189 - 190	Pressão (mb x 10).
191 - 192	Temperatura (Graus Kelvin x 10).
193 - 194	Qualidade (mb x 10).
195 - 196	Reservados.
<u>DADOS DE OZÔNIO</u>	
197 - 198	Quantidade total de Ozonio (unidades Dobson).
199 - 200	Qualidade.
<u>DADOS DE NUVENS</u>	
201 - 202	Pressão (mb x 10).
203 - 204	Quantidade (percentagem).
<u>DADOS DE RADIÂNCIA</u>	
205 - 244	20 Dados extraídos a partir do sondador HIRS / temperatura equivalente do corpo negro (Graus Kelvin x 64).
245 - 252	4 Dados extraídos a partir do sondador MSU (Graus Kelvin x 64).
253 - 258	3 Dados extraídos a partir do sondador SSU (Graus Kelvin x 64).
259 - 260	Reservados.
<u>DADOS RESERVADOS PARA NOVAS CATEGORIAS</u>	
261 - 278	Reservados.
279 - 280	Indicador do final da sondagem.

TABELA 6

IDENTIFICAÇÃO DOS SATÉLITES NOAA

Código	Satélite
1	TIROS - N
2	NOAA - 6
4	NOAA - 7
6	NOAA - 8
7	NOAA - 9

TABELA 7

IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES
METEOROLÓGICAS DO AR SUPERIOR

ESTAÇÃO	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE
82.832 - Manaus	- 03° 09'	- 60° 01'	84
82.930 - Cachimbo	- 09° 22'	- 54° 54'	438
83.208 - Vilhena	- 12° 44'	- 60° 08'	552
83.378 - Brasília	- 15° 52'	- 47° 56'	1061
83.612 - Campo Grande	- 20° 58'	- 54° 40'	567
83.780 - São Paulo	- 23° 27'	- 43° 39'	802
83.840 - Curitiba	- 25° 51'	- 49° 10'	903
83.971 - Porto Alegre	- 30° 00'	- 51° 11'	3

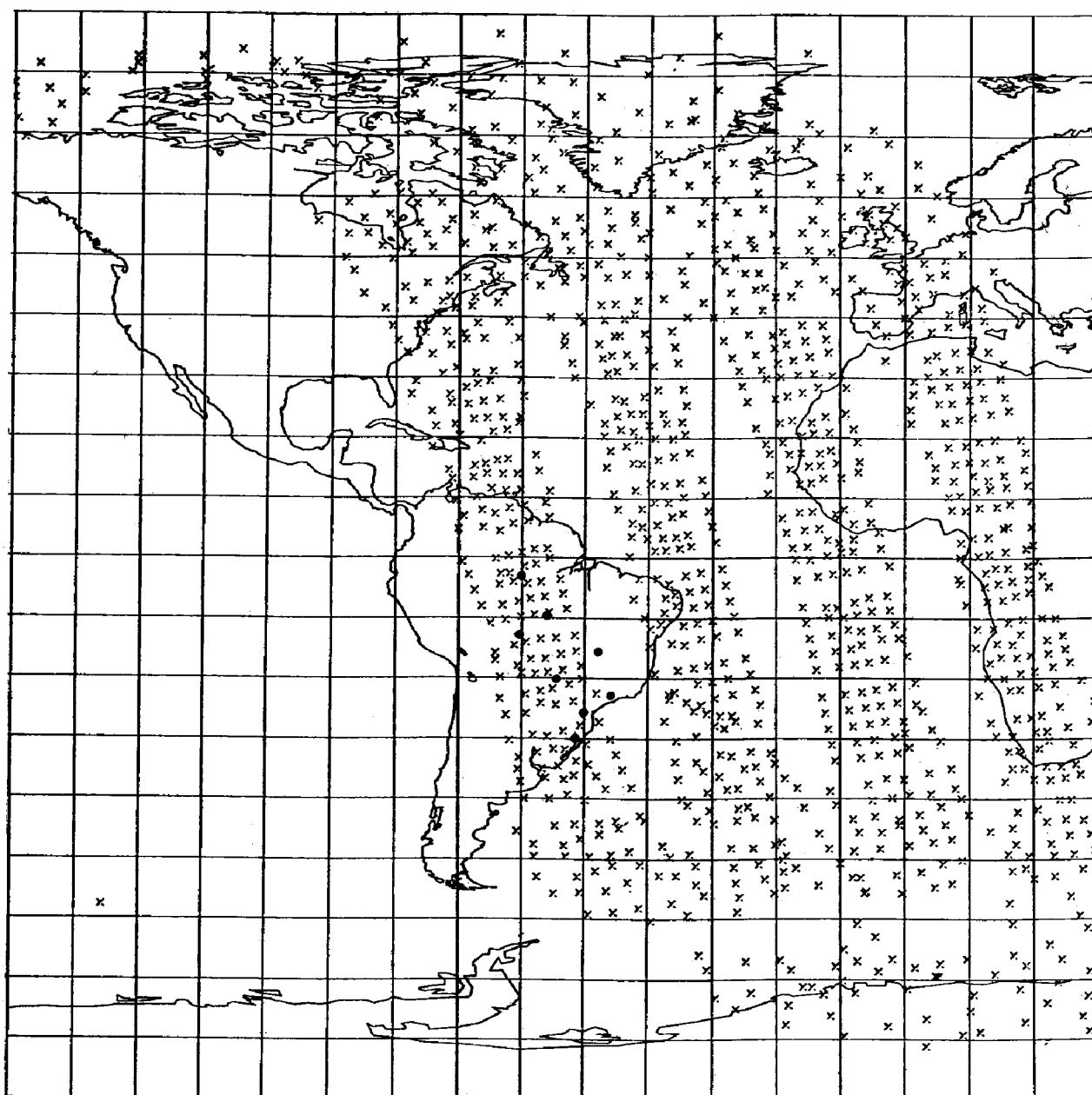


Fig. 1 - Pontos onde foram gerados dados pelo sondador do satélite NOAA6 no dia 28/07/80 e estações de radiossondagem selecionadas.

Dois períodos, de inverno (junho e julho de 1980) e de verão (outubro a dezembro de 1979) foram selecionados para a análise dos dados de radiosondagens e das sondagens verticais por satélites.

A comparação entre os dados de satélites e de radiosondagem foi feita através de critérios de seleção espacial e temporal dos dados de satélite. Em espaço, ficou estabelecido que os dados de satélites a serem utilizados deveriam ter o ("sub satellite point") sob ponto do satélite a uma distância não superior a 100km da estação de radiosondagem. Como critério na escolha de horários, estabeleceu-se que os dados de satélite deveriam estar dentro de um intervalo de menos 1 hora antes e mais 1 hora e meia após o lançamento do radiosonda (12 TMG).

Satisfazendo estes dois critérios, os dados de satélite foram, então comparados com os dados da radiosondagem, determinando-se os desvios médios quadráticos para a superfície e para seguintes camadas: 850/700mb, 700/500mb, 500/400mb, 400/300mb, 300/200mb e 200/100mb, para cada dia e estação. Na Figura 2 é apresentada uma sonda gem típica feita por satélite indicada por S, juntamente com radiosondagem indicada por R, para a cidade de São Paulo, do dia 19 de julho de 1980.

3. RESULTADOS

Analisando as Tabelas 8 e 9, observa-se que os desvios entre as temperaturas obtidas por satélites e por radiosondas, são em geral maiores para os dados obtidos para nível de superfície do solo, e para as camadas sup/850mb, onde se observa variações mais rápidas durante o dia, e 200/100mb (tropopausa), em todas as estações meteorológicas analisadas. Esse aspecto é de uma forma ou outra resultante da pouca resolução vertical dos sensores do satélite (20 canais HIRS, 4 canais MSU, e 2 canais SSU).

TABELA 8

DESVIOS DE TEMPERATURA DURANTE O VERÃO (1979)

Estações Camadas (mb)	Estações				
	Manaus	Cachimbo	Campo Grande	Curitiba	Porto Alegre
Superfície	3.14	2.99	2.61	2.37	2.86
Sup / 850	2.54	1.28	0.34	2.92	1.61
850 / 700	4.81	0.73	0.18	1.65	0.74
700 / 500	1.49	0.82	1.90	0.82	0.86
500 / 400	1.77	1.46	0.78	0.53	0.89
400 / 300	1.47	2.00	0.19	1.01	0.60
300 / 200	1.79	0.93	1.10	1.70	0.61
200 / 100	2.38	1.13	1.30	1.17	1.15

TABELA 9

DESVIOS DE TEMPERATURA DURANTE O INVERNO (1980)

Estações Camadas (mb)	Estações						
	Manaus	Cachimbo	Vilhena	Brasília	São Paulo	Curitiba	Porto Alegre
Superfície	4.41	1.38	4.61	1.65	4.72	3.25	3.25
Sup / 850	0.91	0.65	1.43	1.26	1.86	0.90	1.35
850 / 700	1.28	1.12	0.59	0.52	0.79	1.13	1.39
700 / 500	1.67	0.35	0.54	0.74	0.78	0.43	0.85
500 / 400	2.31	0.72	0.94	1.16	0.67	1.02	1.00
400 / 300	0.87	0.87	1.12	1.13	1.17	0.53	1.31
300 / 200	2.01	0.57	1.32	0.78	0.92	1.47	1.37
200 / 100	1.24	1.30	1.56	2.06	1.30	3.12	0.86

Quando comparados desvios padrões entre estação de inverno e verão, apresentados na Tabela 10, nota-se que no período de inverno os desvios para a superfície são maiores, enquanto que nas outras camadas o desvio no período de verão é maior que o desvio médio total (inverno + verão).

TABELA 10

DESVIO MÉDIO TOTAL DE TEMPERATURA

Estação Camadas (mb)	Estação			
	Manaus	Cachimbo	Curitiba	Porto Alegre
Superfície	4.09	2.48	2.86	3.10
Sup / 850	1.58	1.08	2.16	1.46
850 / 700	1.36	0.91	1.42	1.18
700 / 500	1.62	0.67	0.68	0.86
500 / 400	2.16	1.23	0.82	1.00
400 / 300	1.09	1.64	0.81	1.11
300 / 200	1.92	0.81	1.59	1.13
200 / 100	1.56	1.20	2.36	0.99

4. CONCLUSÃO E SUGESTÃO

Tendo em vista que nas comparação entre dados de radiosondagens e de satélites, foram constatadas maiores diferenças nas camadas inferiores e na tropopausa, é importante salientar que os dados dos satélites devem ser nesses níveis utilizados com certas precauções. Entretanto, para fins de previsão meteorológica em geral, particularmente no Brasil, onde a cobertura de sondagens verticais é escassa (em junho de 1986, somente 13 estações em operação), esses dados são de fundamental importância.

Ressalta-se que a qualidade dos dados de satélite podem ser atualmente melhorada com relação a dos aqui utilizados, visto que as técnicas de extração de dados de satélites foram aprimoradas. Essa aprimoração consiste basicamente em eliminar a dependência da sondagem de satélite, de dados estatísticos, e inclusão de uma física adequada no processo de extração de dados.

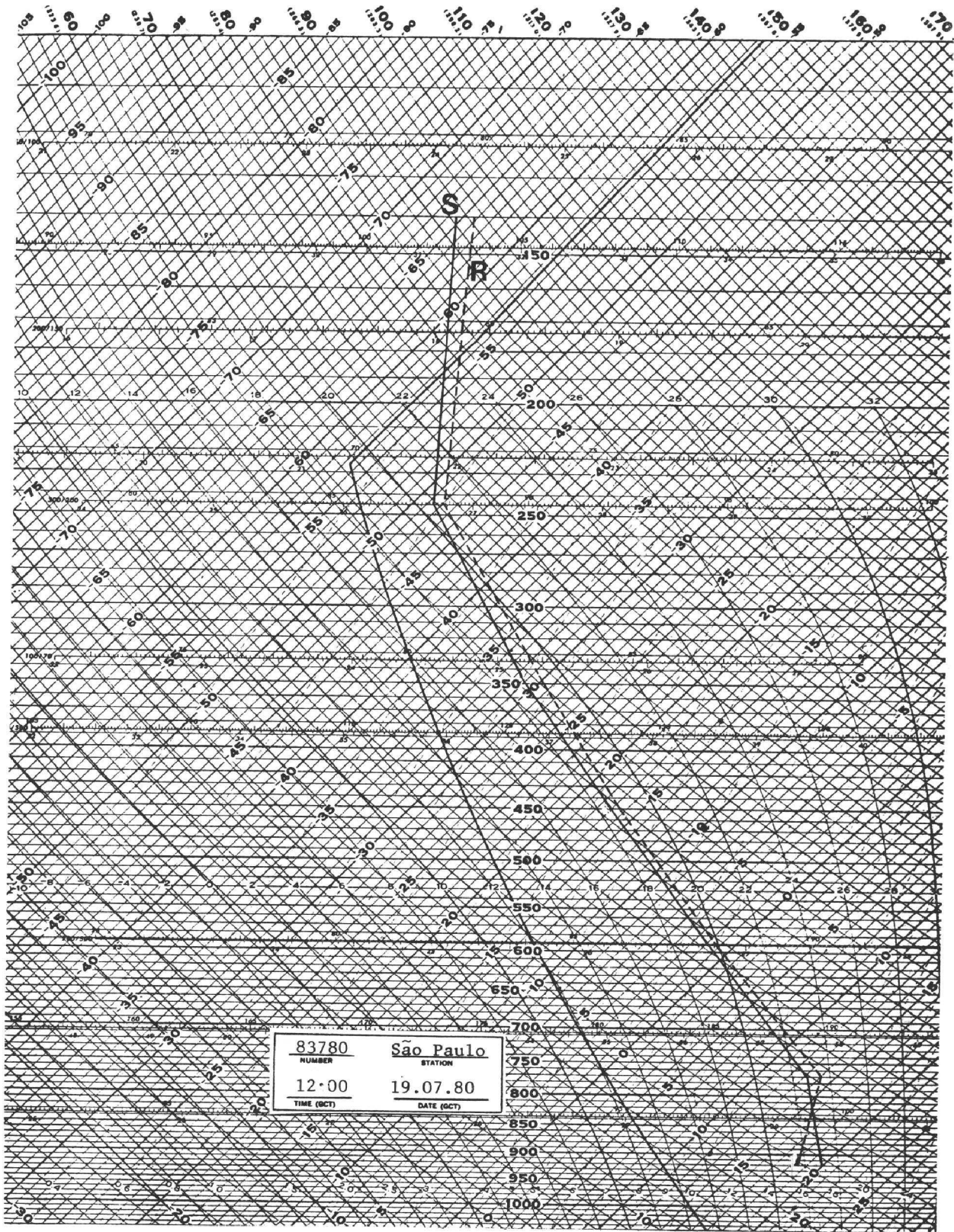


Fig. 2 - Sondagem feita por satélite x radiosondagem, para São Paulo (19/07/80).

Para que esses dados possam ser utilizados em tempo hábil em previsões meteorológicas, é necessário que se implemente, na maior brevidade possível, técnicas operacionais de extração de sondagens verticais a partir dos dados dos satélites NOAA. O INPE já tem implantado um sistema físico que deriva essas informações. Contudo sugere-se que providências sejam tomadas para efetivar sua operacionalização no país.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENGTSSON, L.; KANEMITSU, M.; KALLBERG, P.; UPPALA, S. FGGE research activities at ECMWF. *Bulletin American Meteorological Society*, 63:277-303, 1982.
- DRUYAN, L.; BEN-AMRAM, T.; ALPERSON, Z.; OHRING, G. The impact of VTPR data on numerical forecasts of the Israel Meteorological Service. *Monthly Weather Review*, 106:859-869, 1978.
- KATERINE, B.K. NOAA Polar Orbiter Data: User guide. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Washington, 1979.
- MIYAKODA, K., URNSCHEID, L.; LARSEN, R.; DAVIS, W., HOVANEK, R.; RYAN, Y. Tests at GFDL on the utility of satellite temperature retrievals. Princeton University, Princeton, N.J., 1977.
- TRACTON, M.S.; DESMARIS, A.J.; van HAAREN, R.Y. and MCPHERSON, R.D. The impact of satellite soundings on the national meteorological center's analysis and forecast system the data systems test results; *Monthly Weather Review*, 108:543-586, 1980.
- . On the system dependency of satellite sounding impact comments on recent impact test results. *Monthly Weather Review*, 109: 197-200, 1981.
- HUSSEY, W.J. The Tiros-N polar orbiting environmental satellite system. Artigo apresentado na "Tenth Session of the ESCAP/WMO Typhoon Committee" on October 28, 1977, Tokyo, Japan.