

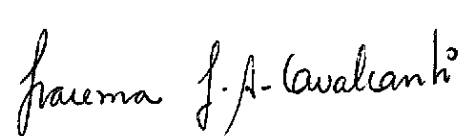


1. Publicação nº <i>INPE-3743-RPE/498</i>	2. Versão	3. Data <i>Dezembro 1983</i>	5. Distribuição <input checked="" type="checkbox"/> Interna <input type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem <i>DME/DPM</i>	Programa <i>ESOM/TECLIM</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>Sistemas Sinóticos</i> <i>Precipitação</i> <i>Circulação Atmosférica</i>			
7. C.D.U.: <i>551.577(815/816.1)</i>			
8. Título <i>INPE-3743-RPE/498</i>		10. Páginas: <i>47</i>	
<i>CASOS DE INTENSA PRECIPITAÇÃO NAS REGIÕES SUL E SUDESTE DO BRASIL NO PERÍODO DE INVERNO DE 1979 A 1983</i>		11. Última página: <i>40</i>	
		12. Revisada por  <i>Vadlamudi B. Rao</i>	
9. Autoria <i>Iracema Fonseca de A. Cavalcanti</i>		13. Autorizada por  <i>Marco Antonio Raupp</i> Diretor Geral	
Assinatura responsável 			
14. Resumo/Notas <i>São analisados alguns casos em que houve intensa precipitação nas regiões Sul e Sudeste do Brasil associados a sistemas sinóticos. Através de imagens de satélite e de configurações do escoamento em altos e baixos níveis da atmosfera, assim como de outros parâmetros observados, são apresentadas as características da circulação que acompanham a atuação dos sistemas. O objetivo é documentar estas situações e caracterizar os sistemas sinóticos que afetam o tempo no Sul-Sudeste do Brasil. É notado que além dos sistemas frontais, há outros tipos de sistemas que se organizam nestas regiões associados a vórtices ou cavados em altos níveis e ou ao jato subtropical.</i>			
15. Observações			

ABSTRACT

Some cases of intense rainfall in the South-Southeast of Brasil related to synoptic systems are analised. Using satellite images and flow patterns at high and low levels of the atmosphere, as well as other parameters, the main circulation features associated with the systems are presented. The objective is to document these situations and to characterize the synoptic systems that affect the weather in South-Southeast of Brazil. It is noticed that besides the frontal systems there are another kind of systems that develop in these regions. These are associated with high levels vortex or through and/or to the subtropical jet.

•
•

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS	v
1. <u>INTRODUÇÃO</u>	1
2. <u>DADOS E METODOLOGIA</u>	1
3. <u>PRECIPITAÇÃO E SISTEMAS SINÓTICOS ASSOCIADOS</u>	2
4. <u>CASOS DE 1983</u>	22
5. <u>CONCLUSÃO</u>	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

•
•

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
1 - Localização das cidades de São Paulo (S), Curitiba (C), Florianópolis (F), e Porto Alegre (P) na região Sul do Brasil.	4
2 - Precipitação em Cachoeirinha (Porto Alegre) para o mês de maio de 1979 (Dados do DNAEE)	4
3 - Análise para o dia 7 de maio de 1979	6
4 - Análise para o dia 8 de maio de 1979	7
5 - Análise para o dia 9 de maio de 1979	8
6 - Precipitação em Cachoeirinha para julho de 1980	10
7 - Sequência de imagens	11
8 - Análise para o dia 28 de julho de 1980	14
9 - Precipitação em Cachoeirinha para o mês de junho de 1982 ..	18
10 - Sequência de imagens	19
11 - Média da componente zonal do vento em 200mb entre as longitudes de 90 ^o W a 40 ^o W na latitude de 28,7 ^o S para os meses de junho e julho dos anos de 1975 a 1983	23
12 - Precipitação em Florianópolis para os meses de maio, junho e julho de 1983	25
13 - Sequência de imagens no infravermelho	25
14 - Escoamento em 500mb para o dia 11 de junho de 1983 (Prognóstico do NMC)	29
15 - Análise para o dia 5 de julho de 1983	30
16 - Análise para os dias 9 e 10 de julho de 1983	31
17 - Análise para o dia 15 de julho de 1983	32
18 - Sequência de imagens	33
19 - Escoamento em 300mb para o dia 26 de julho de 1983	36



1. INTRODUÇÃO

A necessidade de estudos sinóticos sobre fatores relacionados à precipitação nas regiões Sul e Sudeste do Brasil torna-se cada vez mais relevante no sentido de futuros monitoramentos contra enchentes e para a obtenção de maiores conhecimentos sobre a atuação de sistemas sinóticos na região. No ano de 1983 foi grande a ocorrência de enchentes em cidades do Sul e Sudeste do Brasil no período de inverno. Nesse ano o aumento de precipitação foi devido principalmente a sistemas sinóticos estacionários na região, sendo tal fato associado ao evento OSCILAÇÃO DO SUL - EL NINO (Kousky e Cavalcanti, 1984). Outros períodos de intensa precipitação têm sido registrados no período de inverno, embora em menores proporções.

O aumento de precipitação no sul/sudeste da América do Sul no ano de 1972 também foi relacionado com a Oscilação do Sul por Streten (1983). Mosmann (1924) já havia verificado a influência da Oscilação do Sul na precipitação no sul da América do Sul através do aumento do nível do Rio Paranã em Rosário (Argentina) nos anos em que a fase da Oscilação do Sul era negativa. O objetivo deste trabalho é documentar situações sinóticas associadas à precipitação no Sul e Sudeste do Brasil, na época de inverno, e analisar o desenvolvimento dos sistemas atuantes na região.

2. DADOS E METODOLOGIA

Foram escolhidos alguns casos que causaram intensa precipitação no sul e sudeste do Brasil para exemplificar os tipos de sistemas sinóticos que agem na região. A análise foi feita para o inverno dos anos de 1979 a 1983, e os períodos de grande precipitação foram destacados em tabelas e em séries temporais. Foram analisadas as imagens de satélite correspondentes a estes períodos para verificar a atuação e o desenvolvimento dos sistemas sinóticos, assim como de suas trajetórias.

Análises do escoamento foram realizadas com o fim de verificar a circulação associada aos sistemas sinóticos. Os dados de precipitação foram extraídos de arquivos do DNAEE (dados diários) e do Boletim Agroclimatológico do INEMET (dados mensais). As imagens de satélite constam de arquivos do INPE, e as análises da circulação foram feitas com dados do National Meteorological Center (NMC), ou seja, com componentes u e v do vento em 250mb e 850mb e temperatura em 850mb. Estes dados do NMC são constituídos de valores em pontos de grade resultantes da aplicação de um sistema de análise de interpolação ótima, utilizado a partir de 1979 (McPherson et alii, 1979), e de análise de Hough, utilizada antes de 1979 (Bergman, 1979). Estes valores devem ser considerados com certo cuidado, como uma aproximação, pois embora os dados de entrada sejam dados convencionais das radiossondagens e dados extraídos de imagens de satélite, os valores resultantes contêm a física do modelo utilizado na inicialização e interpolação.

3. PRECIPITAÇÃO E SISTEMAS SINÓTICOS ASSOCIADOS

A precipitação mensal para os anos de 1979 a 1983 (maio a setembro) em algumas cidades do Sul e Sudeste do Brasil é apresentada na Tabela 1, na qual se nota o excesso de precipitação para os anos de 1982 e principalmente 1983. A localização destas cidades é dada na Figura 1. A partir da Tabela 1 foi escolhido, para cada ano, um mês com grande precipitação na maioria das cidades e foram feitas séries temporais diárias com o fim de destacar os períodos para a análise.

Observa-se pela Tabela 1 que em maio de 1979 houve grande precipitação nas quatro cidades. Na série temporal para Cachoeirinha (Porto Alegre) neste mês de maio (Figura 2), verifica-se que a precipitação distribuiu-se ao longo do mês com um dia de maior intensidade, o dia 8. Na imagem do dia 7 (Figura 3a), nota-se uma zona frontal em dissipação no Sudeste do Brasil e um sistema sinótico (marcado com S na imagem) atravessando o Chile.

PRECIPITAÇÃO MENSAL PARA OS ANOS DE 1979 A 1983 E MÉDIA MENSAL DE 30 ANOS (Dados do Boletim Agroclimatológico - INEMET)

TABELA 1

	1979	1980	1981	1982	1983	MÉDIA
São Paulo	101	5	33	46	191	54
	4	73	66	162	221	55
junho	45	17	51	42	42	43
agosto	107	26	15	72	22	39
setembro	126	55	8	10	243	64
Curitiba	231	26	44	70	331	85
	18	87	17	250	227	89
junho	66	199	25	117	265	82
agosto	50	113	57	57	5	83
setembro	152	172	71	19	239	119
Florianópolis	115	36	179	116	205	78
	34	49	59	112	177	74
junho	49	146	87	23	514	89
agosto	71	117	40	51	97	105
setembro	124	106	69	15	148	121
Porto Alegre	141	114	51	49	172	114
	58	85	138	366	100	139
junho	134	191	81	141	219	128
agosto	103	50	50	195	228	114
setembro	107	74	195	193	56	123

Fig. 1 - Localização das cidades de São Paulo (S), Curitiba (C), Florianópolis (F), e Porto Alegre (P) na região Sul do Brasil.

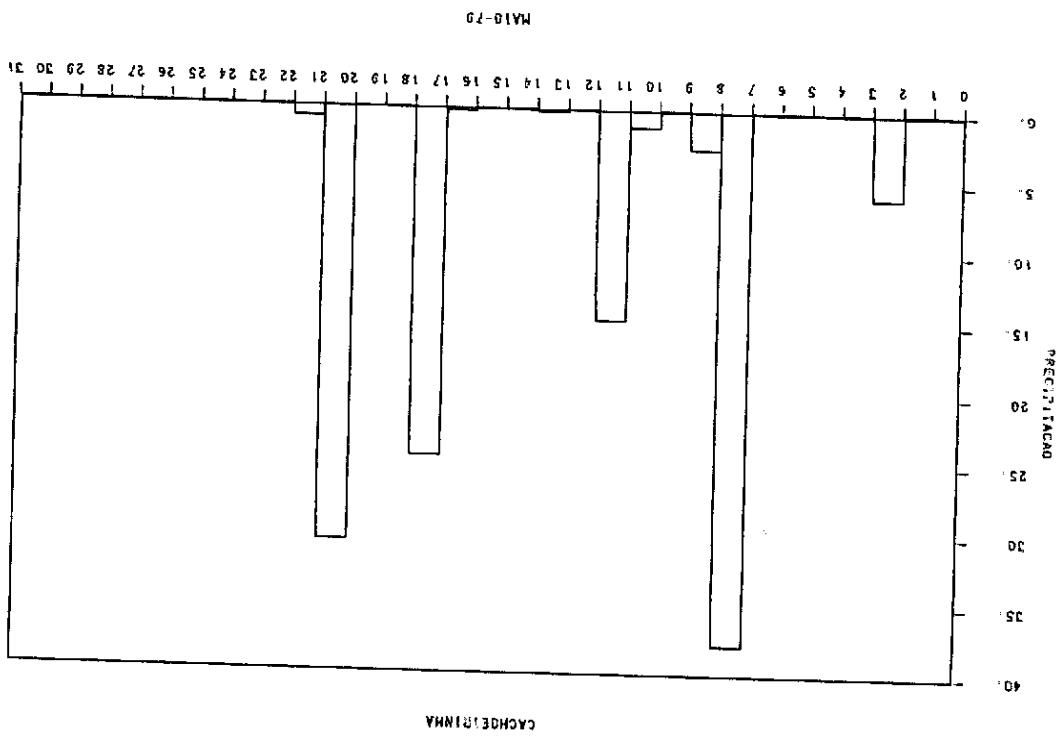
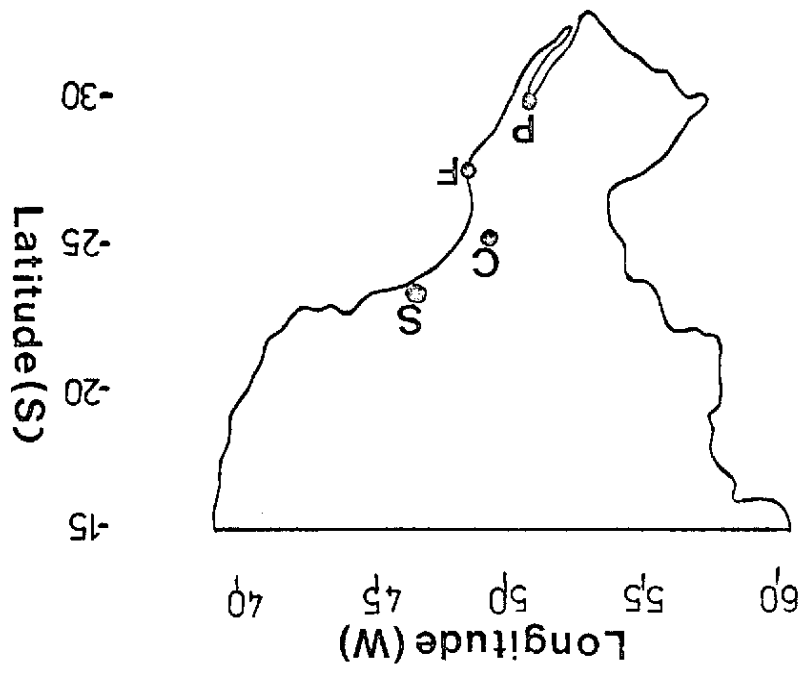
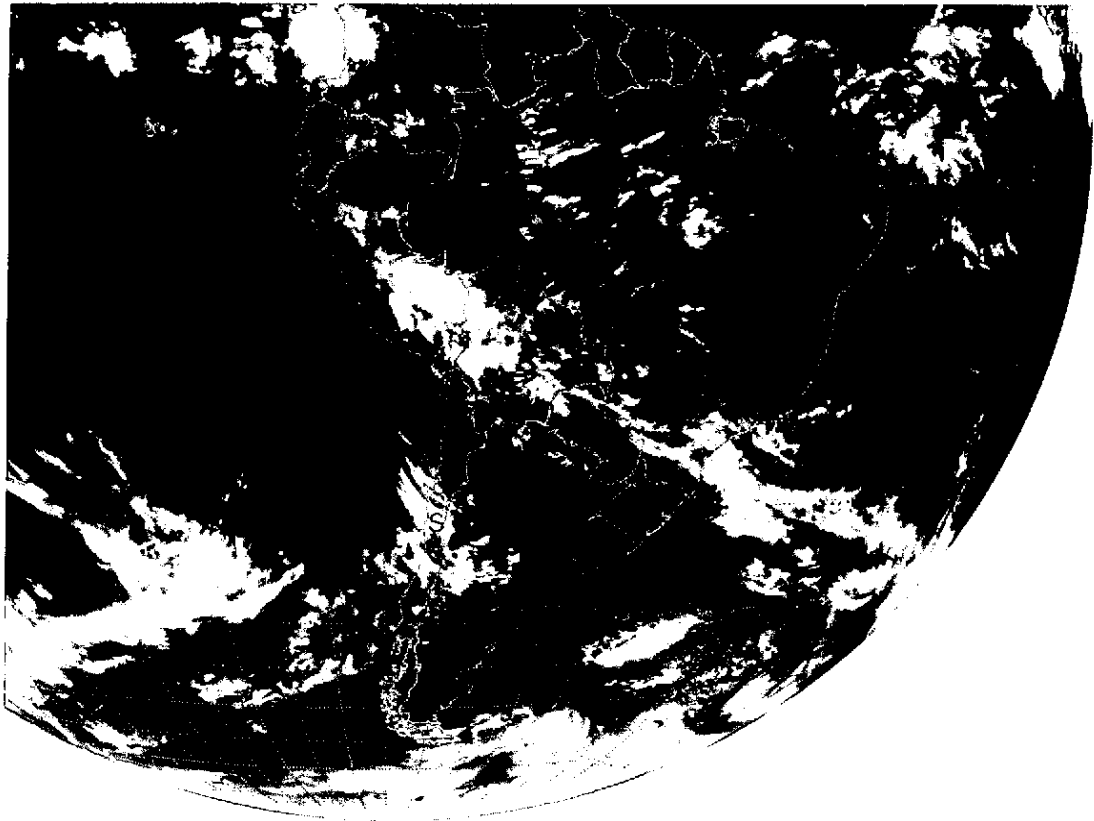


Fig. 2 - Precipitação em Cachoeirinha (Porto Alegre) para o mês de maio de 1979 (Dados do DNAEE).

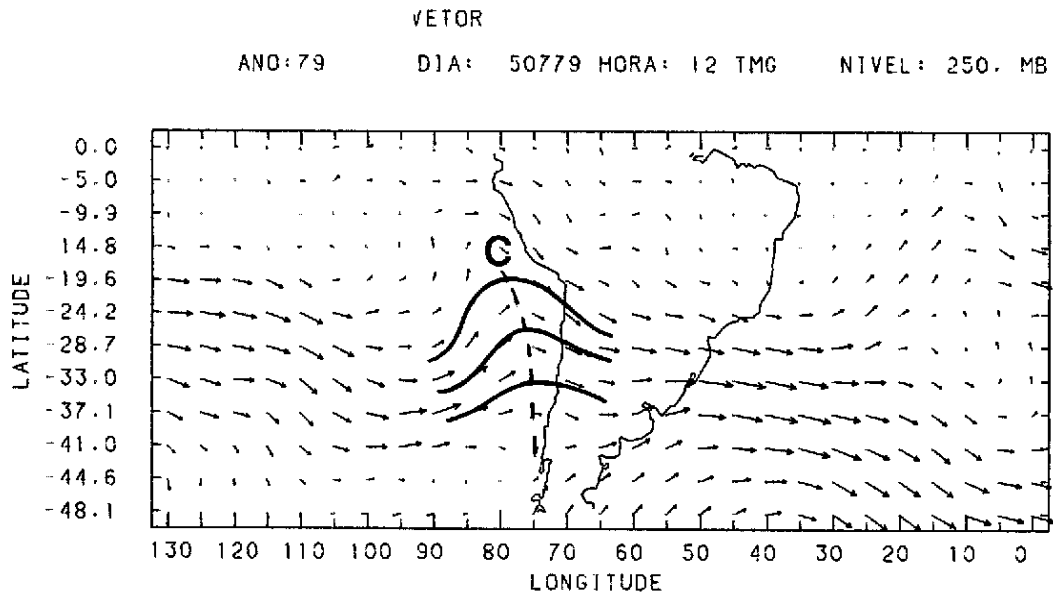
Pela análise do escoamento em 250mb (Figura 3b), verifica-se que este sistema S está associado a um cavado cujo eixo (C) está se aproximando da costa oeste da América do Sul. No dia 8 este sistema deslocou-se para a Argentina (Figura 4a) acompanhando o deslocamento do cavado para leste (Figura 4b), ao mesmo tempo em que aumentou a convecção no Sul do Brasil. Nota-se pela imagem e pelo escoamento a presença de uma região com ventos fortes em altos níveis dirigidos de NW para SE (JS), o que pode ter contribuído para o aumento da convecção pela instabilidade que provoca (Whitney, 1977). No dia 9 o sistema organizou-se em uma zona frontal (Figura 5a) quando o cavado se deslocou mais para leste (Figura 5b). A confluência dos ventos no lado leste do cavado, que pode ser vista no escoamento em 250mb nos dias 8 e 9, é um fator importante para a ciclogênese na superfície (Petterssen, 1956) notada pela formação de uma circulação ciclônica no escoamento em 850mb do dia 9 em C (Figura 5c), e também notada na imagem da Figura 5a. Este sistema deslocou-se rapidamente causando relativamente pouca precipitação. A configuração observada neste caso antes da ocorrência de precipitação é bastante frequente na região em estudo, e serão vistos outros casos semelhantes em que a precipitação foi bem mais intensa.

A passagem de sistemas em forma de vírgula invertida também é frequente na região sul da América do Sul. Estes são classificados como Distúrbios de Escala Média ou Intermediária (DEM) e foram destacados por Satyamurti et alii (1982) para um estudo da instabilidade baroclínica associada. Tais sistemas diferem do sistema analisado neste caso pelo fato de não serem associados a cavados em altos níveis e por terem um núcleo relativamente quente (Satyamurti et alii, 1982).



INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS 79:127:15:17 A1

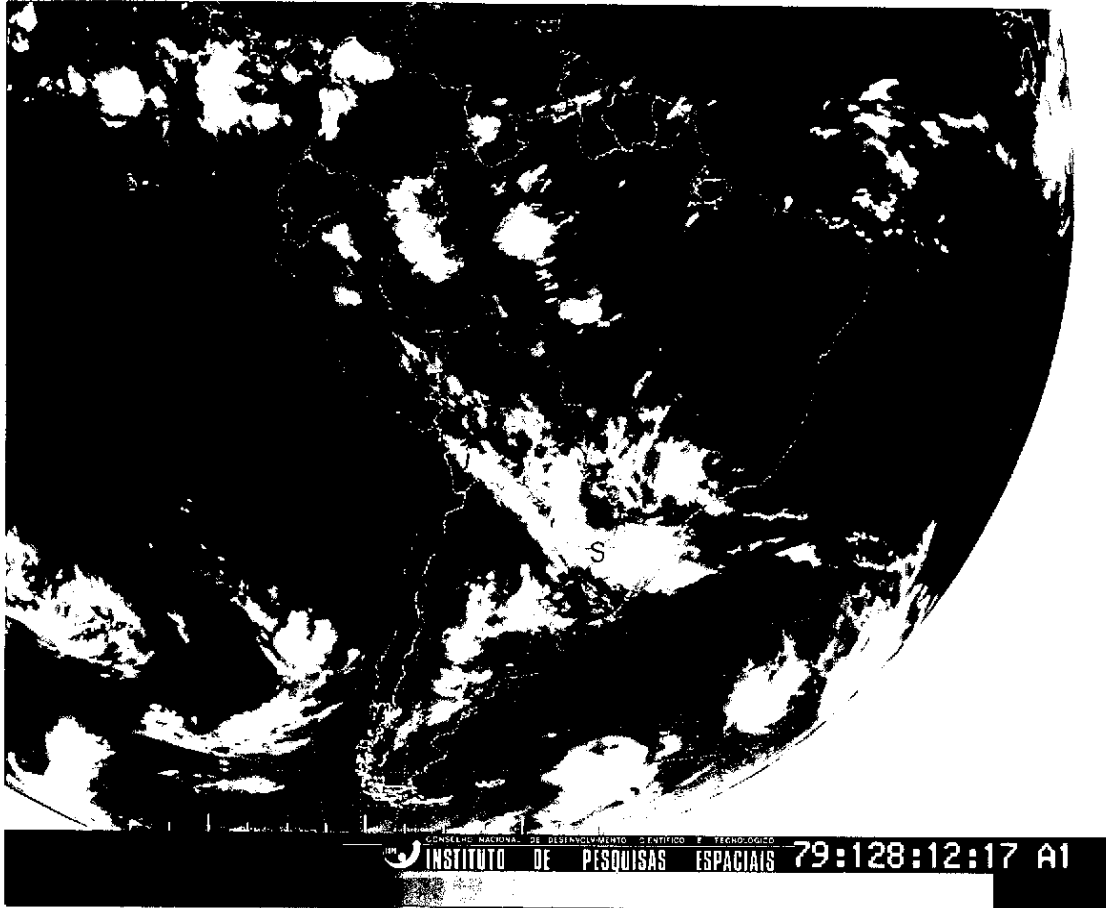
a) Imagem no canal infravermelho.



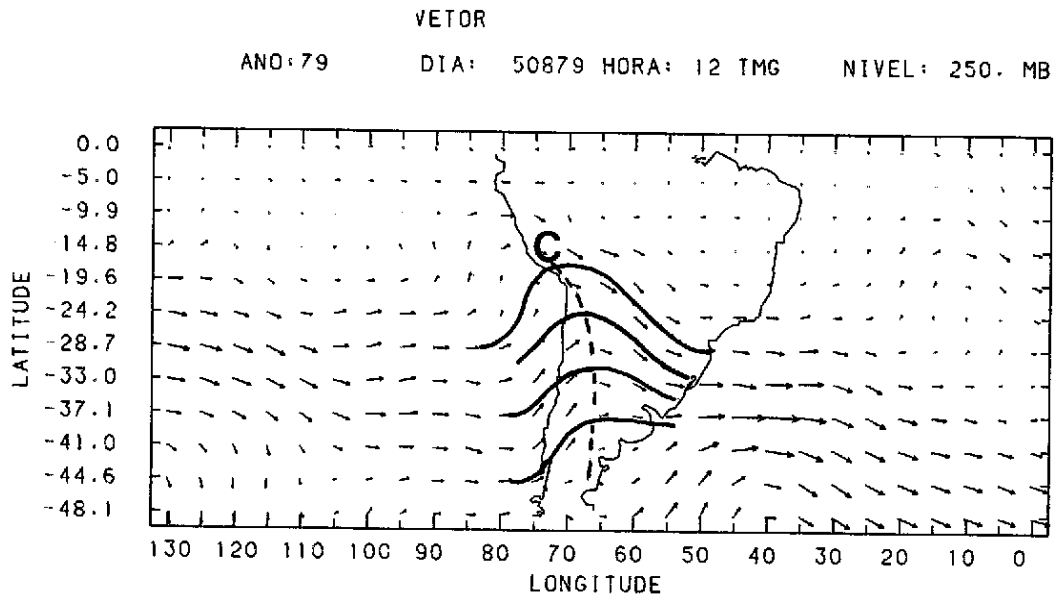
b) Escoamento em 250mb.

Fig. 3 - Análise para o dia 7 de maio de 1979.

S: Sistema analisado.



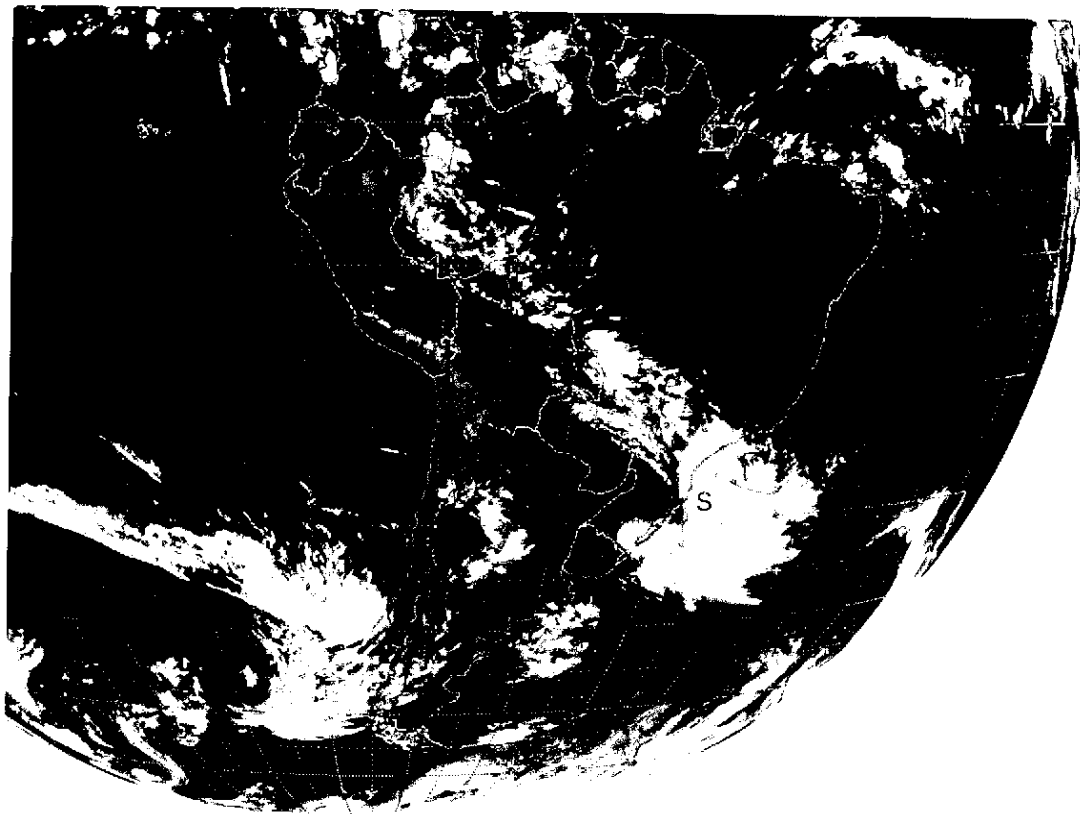
a) Imagem no canal infravermelho.



b) Escoamento em 250mb.

Fig. 4 - Análise para o dia 8 de maio de 1979.

JS: Jato em altos níveis.

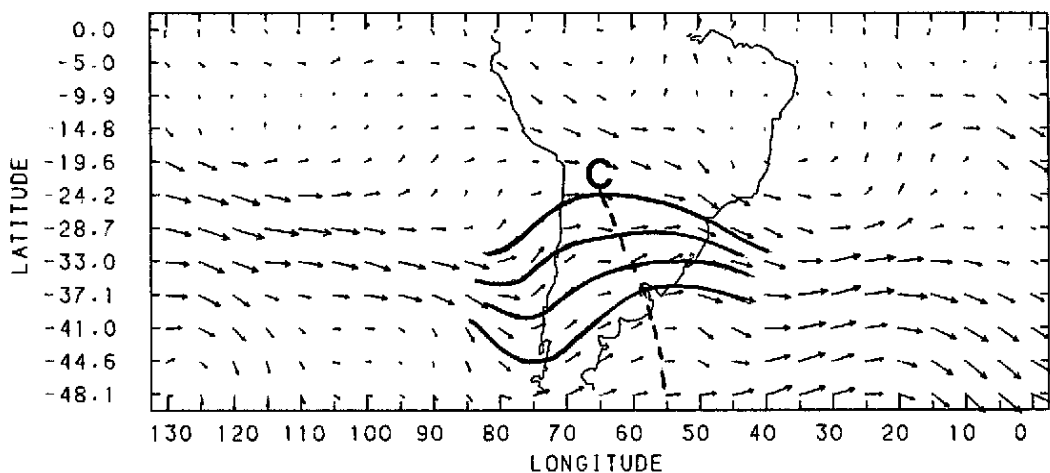


CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO
INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS 79:129:10:48 A1

a) Imagem no canal infravermelho.

VETOR

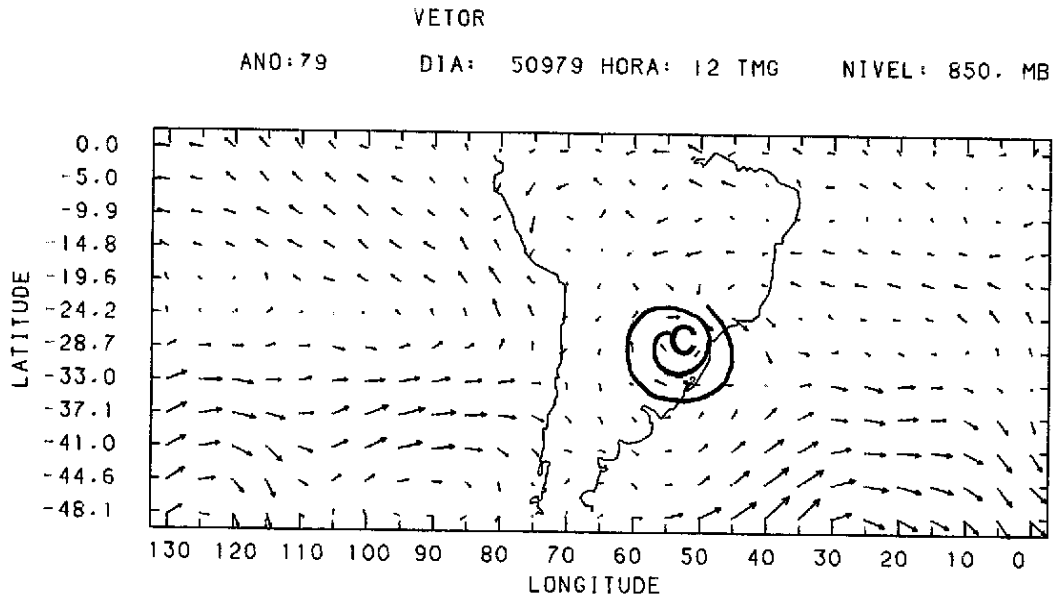
ANO: 79 DIA: 50979 HORA: 12 TMG NIVEL: 250. MB



b) Escoamento em 250mb.

Fig. 5 - Análise para o dia 9 de maio de 1979.

(continua)



c) Escoamento em 850mb.

Fig. 5 - Conclusão.

Observa-se pela Tabela 1 que, em 1980, julho foi o mês em que ocorreu maior precipitação nas cidades de Curitiba, Florianópolis e Porto Alegre. Na série temporal para Cachoeirinha (Figura 6) nota-se que no dia 28 a precipitação foi bem intensa. O responsável por esta precipitação foi um sistema frontal (Z) que se deslocou do Pacífico para o continente, afetando o Sul do Brasil, como visto na sequência de imagens da Figura 7. Este atravessou os Andes no dia 27, onde se desintensificou e se desorganizou, deslocando-se com velocidade aproximada de 68km/h do Chile até o Rio Grande do Sul, onde começou a se organizar novamente com bastante atividade no dia 28. A zona frontal que estava atuando na costa SE do Brasil no dia 27 deslocou-se para o oceano no dia 28. Neste dia nota-se em 250mb (Figura 8a) a existência de uma região com ventos mais fortes sobre a América do Sul ("jet streak"), compreendida entre uma região de confluência dos ventos na costa oeste e uma região de difluência na costa leste. A configuração da nebulosidade na forma de um v deitado, causada pela difluência do escoamento em altos níveis, é característica de tempestades fortes como a ocorrida neste dia (Figura 7b). Este tipo de nuvem é chamado "carrot cloud" (JMSC, 1983) ou formação em v (Anderson, 1983).

Na análise das isotermas e do escoamento em 850mb (Figura 8b), a advecção quente do norte, a advecção fria do sul e o estreitamento das isotermas são bem verificados na região onde a zona frontal está se organizando. Outros fatores importantes para o forte desenvolvimento convectivo são a existência de ventos fortes do norte em baixos níveis (Figura 8b e 8c) e a presença do "jet streak" em altos níveis (Figura 8a e 8d) na região estudada (Ucellini and Johnson, 1979).

No dia 29 a zona frontal já estava bem definida (Figura 7c), tendo deslocado-se apenas 8km/h desde o dia anterior. Nota-se também no Pacífico uma faixa de cirrus que indica a existência do jato em altos níveis, orientado para a região SE do Brasil onde se encontrava o sistema frontal. No próximo dia a zona frontal deslocou-se para nordeste, atingindo os Estados de São Paulo, Paraná e Mato Grosso do Sul, e findou sua atividade no dia 21 no litoral do Rio de Janeiro.

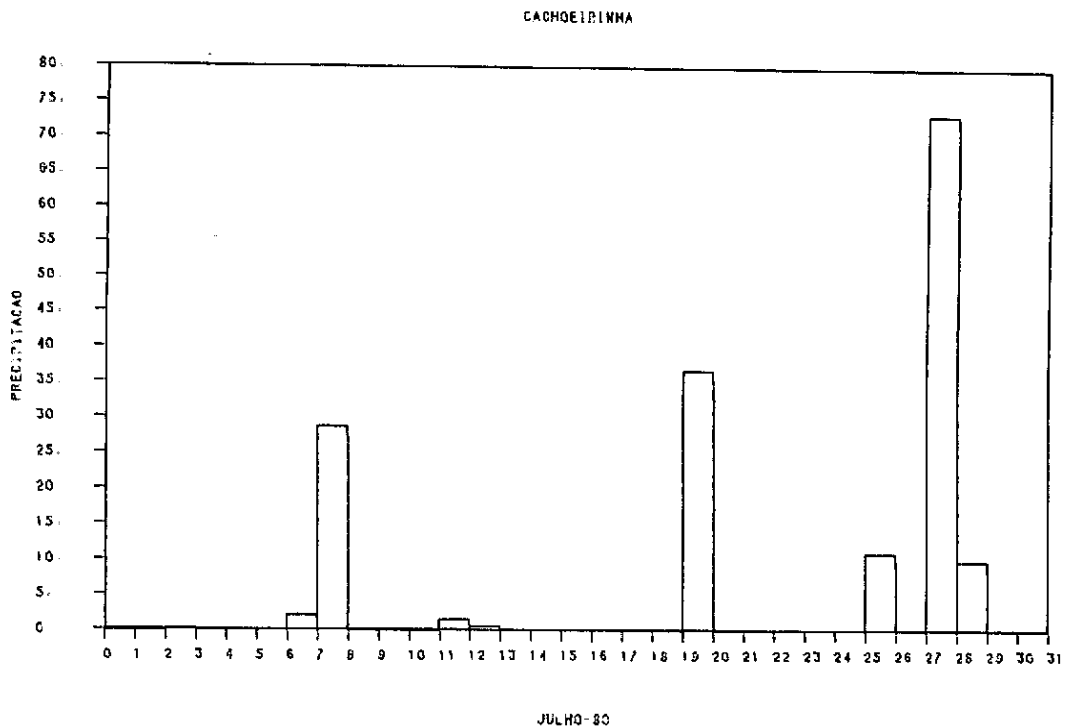
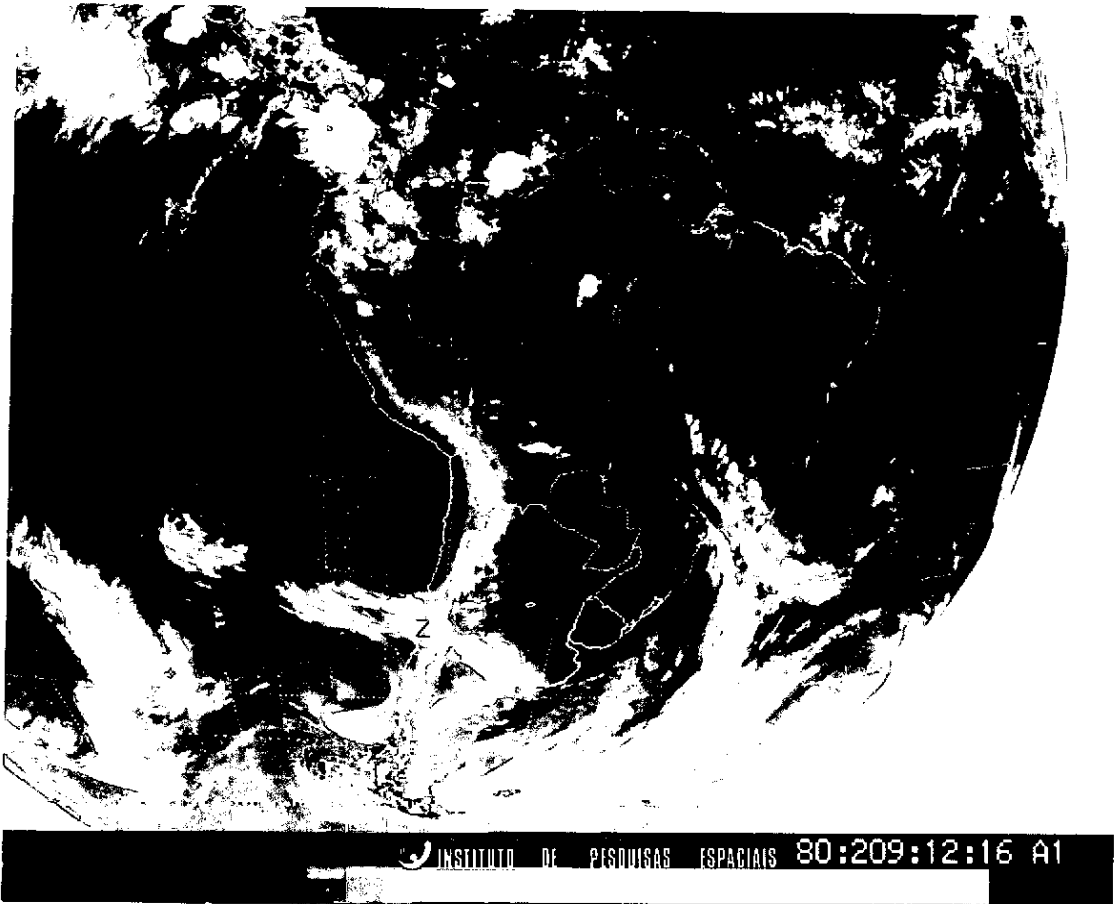


Fig. 6 - Precipitação em Cachoeirinha para julho de 1980.

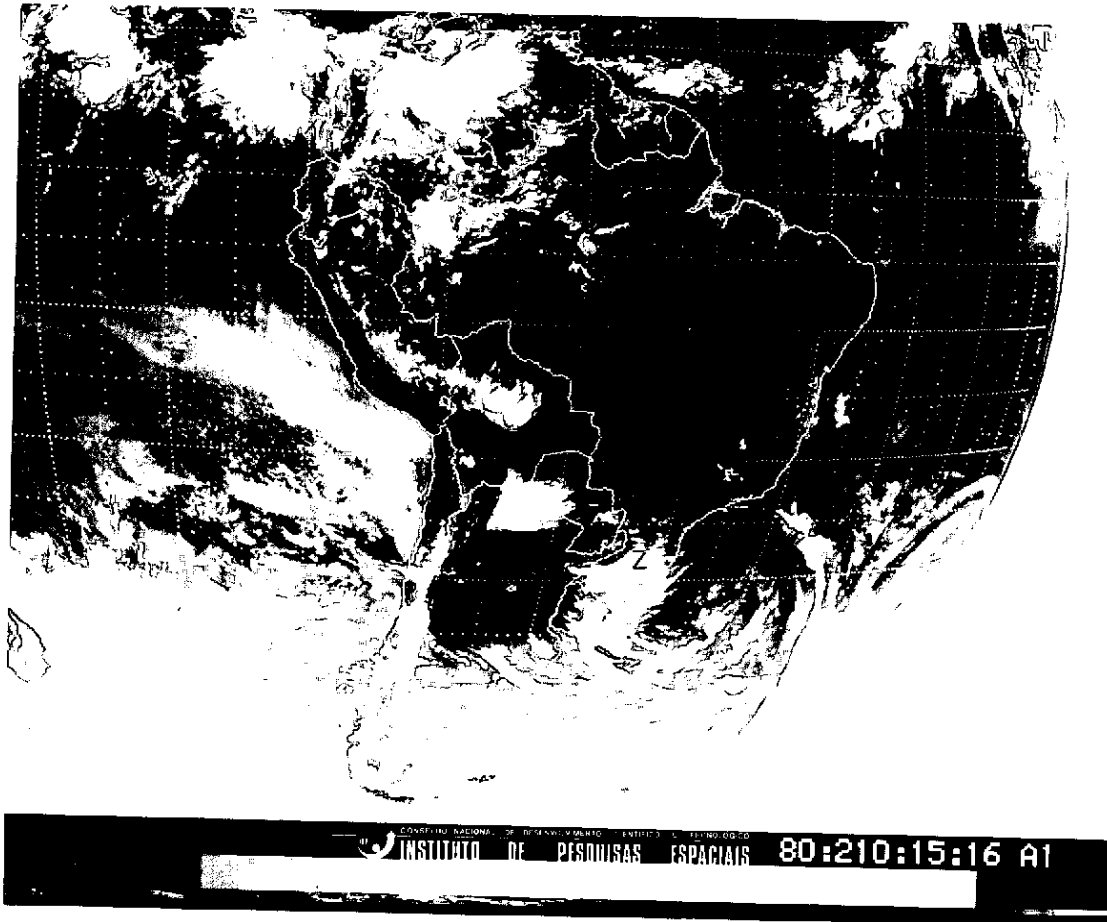


a) 27 de julho de 1980.

Fig. 7 - Sequência de imagens.

Z: Sistema analisado.

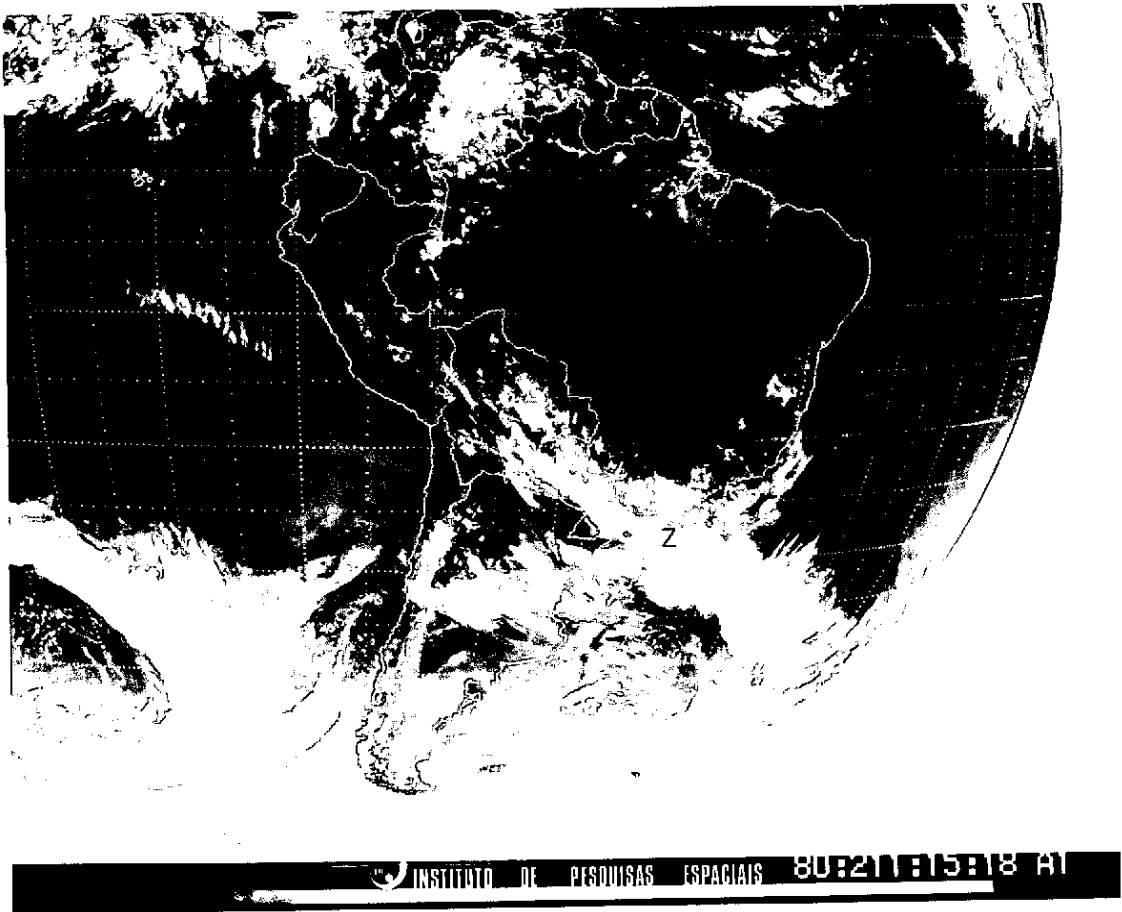
(continua)



b) 28 de julho de 1980.

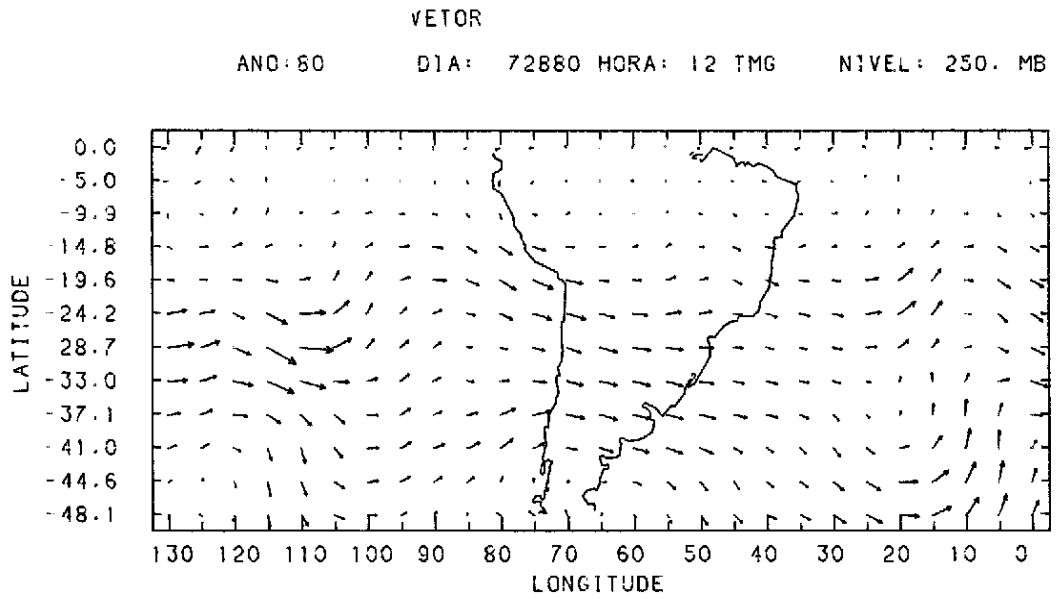
Fig. 7 - Continuação

(continua)

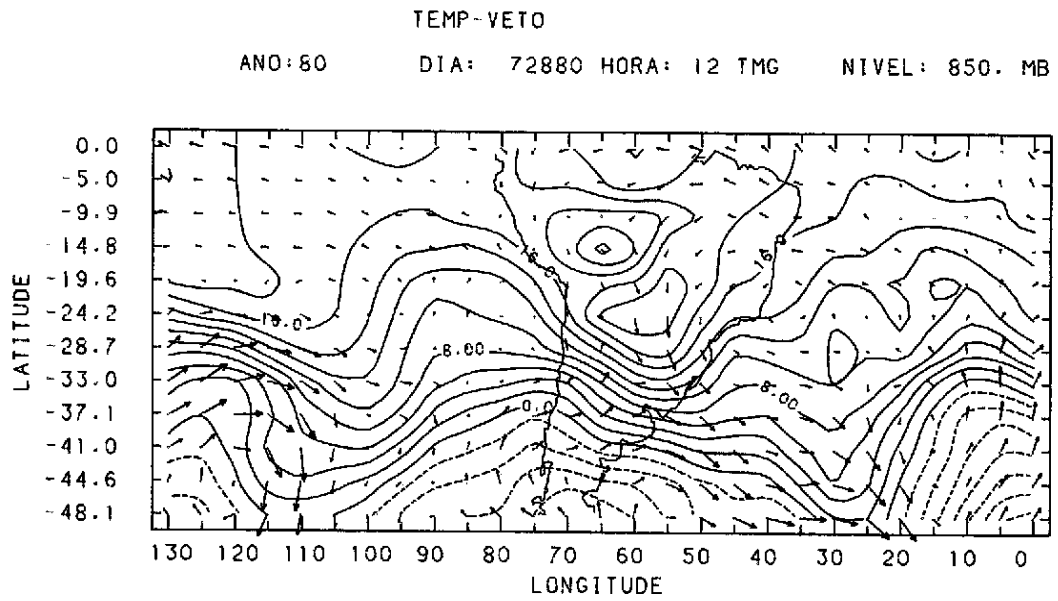


c) 29 de julho de 1980.

Fig. 7 - Conclusão.



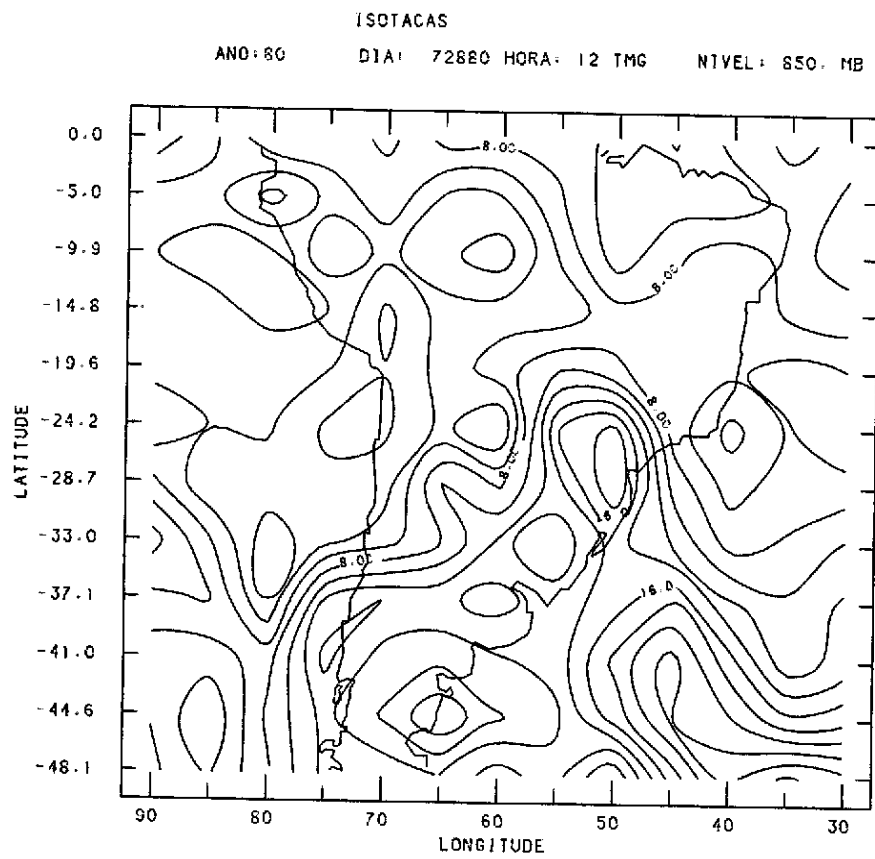
a) Escoamento em 250mb.



b) Escoamento e isothermas em 850mb.

Fig. 8 - Análise para o dia 28 de julho de 1980.

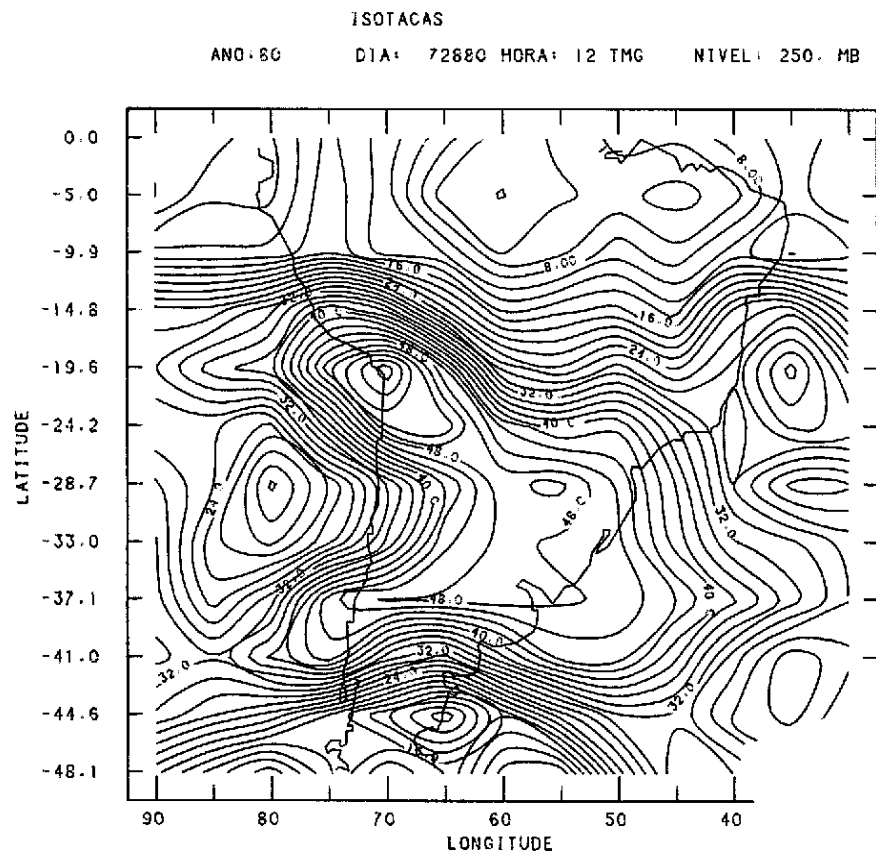
(continua)



c) Isotacas em 850mb.

Fig. 8 - Continuação

(continua)



d) Isotacas em 250mb.

Fig. 8 - Conclusão.

A passagem de sistemas frontais pelo sul da América do Sul é frequente. Geralmente os sistemas deslocam-se do Pacífico para leste e, na passagem pela Cordilheira dos Andes, sofrem uma desorganização voltando a se organizar depois de atravessarem a barreira. Algumas vezes estes passam para o Atlântico sem alcançar o Brasil e outras vezes deslocam-se em direção a ele. Há também os sistemas frontais que não sofrem intensificação, produzindo pouca ou nenhuma precipitação, e outros que se organizam intensamente quando se deslocam para o Brasil. Esta intensificação ou não depende de vários fatores relacionados com escoamento em altos níveis, parâmetros de superfície e outras características da atmosfera como os fatores vistos neste caso.

O ano de 1981 não apresentou valores acima do normal na maioria das estações, por isto não foi analisado nenhum mês em particular.

Em 1982, junho foi o mês em que a precipitação foi acima da média em todas as estações. Na série temporal para Cachoeirinha (Figura 9), nota-se intensa precipitação nos dias 14 e 27. Mostra-se na Figura 10c o sistema que atuou no dia 14, quando houve maior registro de precipitação. Nesta figura pode se ver que neste dia havia um sistema frontal (z) atuando no sul do Brasil. Este sistema, como o analisado para 1980, deslocou-se do Pacífico, passou pela Cordilheira dos Andes no dia 12 (Figura 10a) e apareceu desorganizado na Argentina e Oceano Atlântico no dia 13 (Figura 10b). Como já foi mencionado, é frequente a atuação de sistemas frontais que vêm do Pacífico, no Sul do Brasil. Devido à falta de dados para o ano de 1982 não foram verificadas as características da circulação associadas.

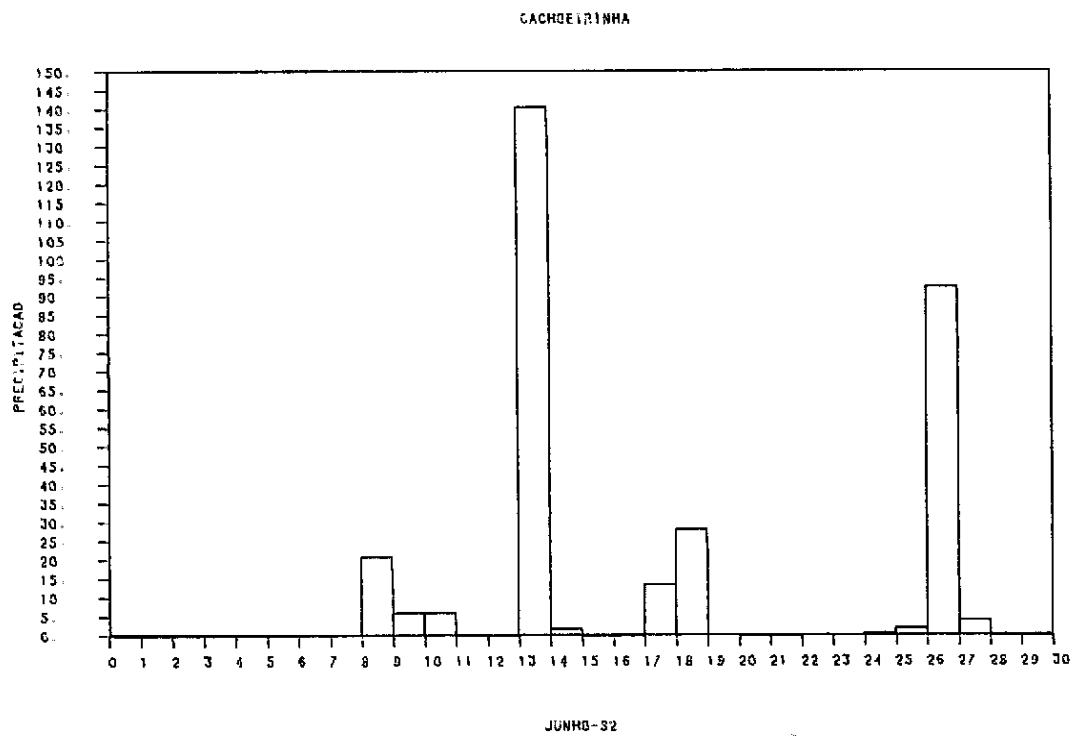
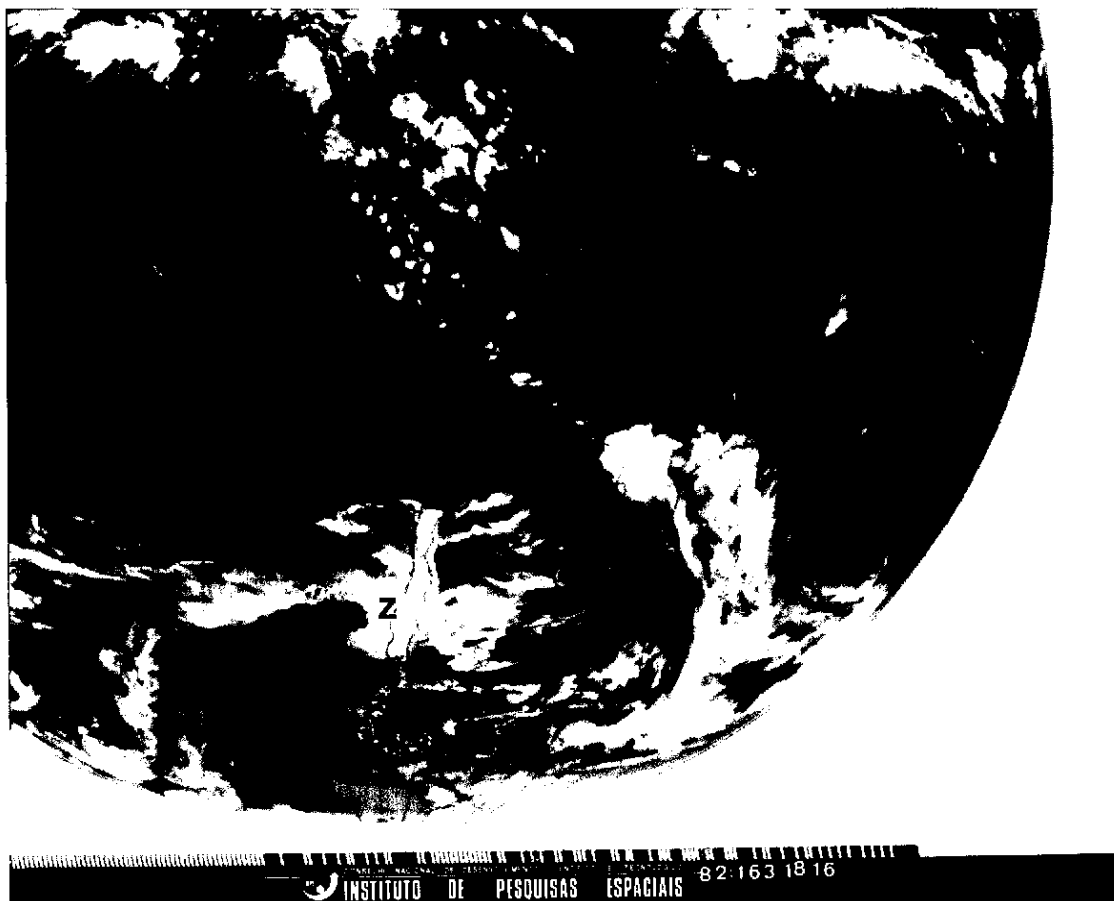


Fig. 9 - Precipitação em Cachoeirinha para o mês de junho de 1982.



a) 12 de junho de 1982.

Fig. 10 - Sequência de imagens.

(continua)

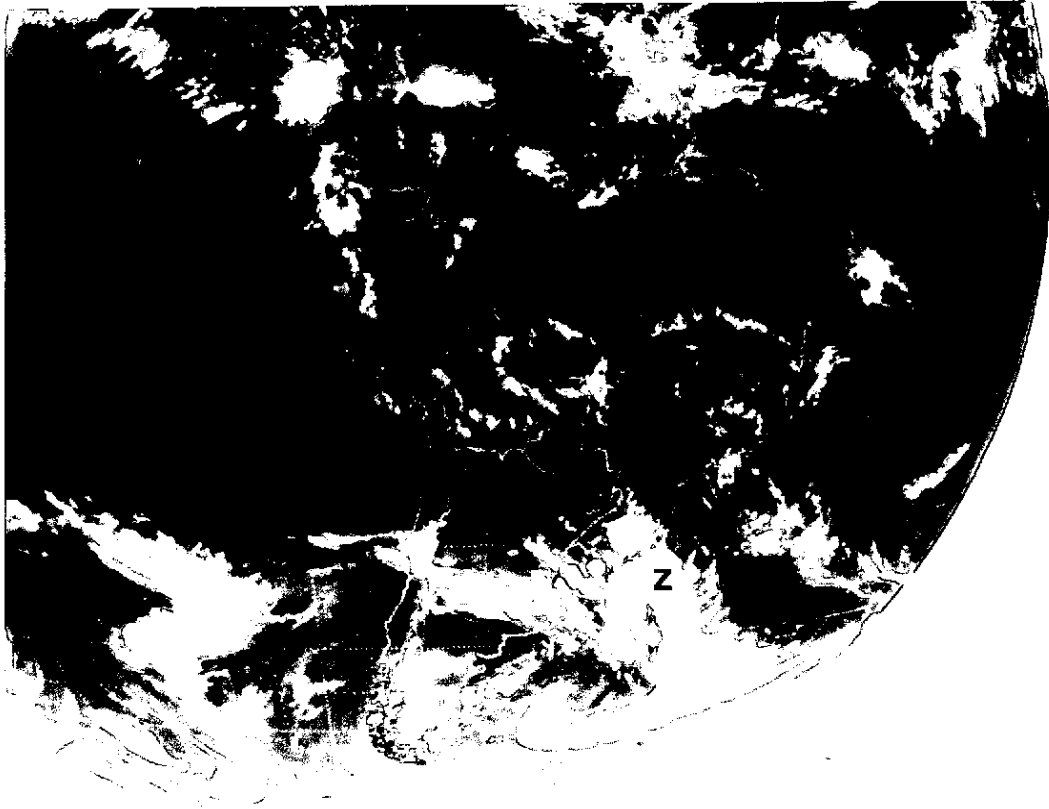


CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO
INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS 82-164-18-16

b) 13 de junho de 1982.

Fig. 10 - Continuação

(continua)



INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS 82-165-15.16

c) 14 de junho de 1982.

Fig. 10 - Conclusão.

4. CASOS DE 1983

No ano de 1983 ocorreu o mais forte evento Oscilação do Sul - El Nino de que se tem registro, e fortes anomalias de precipitação ocorreram em várias partes do mundo (Rasmusson and Hall, 1983). Estas anomalias de precipitação foram causadas direta e indiretamente por este evento. Diretamente foram causadas pelo próprio conceito de Oscilação do Sul, ou seja, efeito de diminuição de pressão no Pacífico Leste Equatorial que favorece a convecção e pelo aumento de pressão na região da Indonésia e Austrália que inibe a convecção (Walker and Bliss, 1932). Também diretamente, pelo aumento de temperatura da água do Pacífico Leste Equatorial e próximo à costa oeste equatorial da América do Sul (fenômeno El Nino) que também favorece a convecção e provocou enchentes nos países situados próximos à costa. Indiretamente, a precipitação no Sul do Brasil foi influenciada pela situação estacionária que ocorreu no escoamento associada ao evento. Houve a ação de bloqueios no Oceano Pacífico, e o jato subtropical sobre a América do Sul foi fortalecido, contribuindo para o aumento de atividade convectiva sobre o Sul e Sudeste do Brasil e impedindo o avanço dos sistemas sinóticos para latitudes mais baixas (Kousky e Cavalcanti, 1984). A maior intensidade do jato subtropical nos anos "El Nino" deve-se, segundo Bjerknes (1966), ao aumento da convecção no Pacífico Leste Equatorial que fortalece a célula de Hadley, a qual contribui para uma maior transferência de momentum em altos níveis para latitudes mais altas. As anomalias de precipitação notadas no NE do Brasil e Amazônia (Kousky et alii, 1984; Rao et alii, 1985) foram causadas pela não-penetração das zonas frontais em latitudes baixas e pelo ramo subsidente da célula de Walker fortalecida e deslocada para leste, como sugerido em Kousky et alii (1984).

Fazendo uma análise da média zonal da componente u do vento no mês de junho e julho dos anos de 1975 a 1983 (Figura 11) nota-se o valor mais alto para o ano de 1983, o que indica que o jato estava bem mais intenso que nos outros anos. Esta foi uma característica bastante notada nas imagens de satélite quando havia desenvolvimento de intensa convecção no Sul e Sudeste do Brasil, como se vê a seguir.

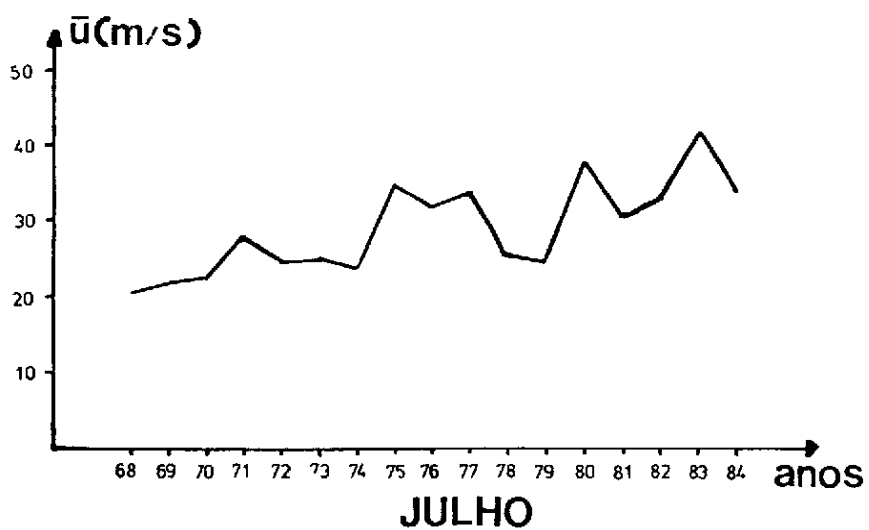
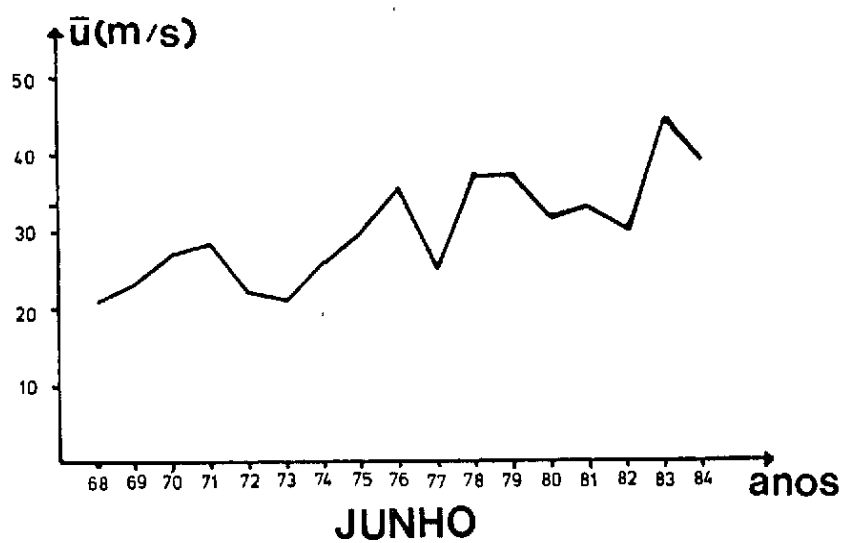


Fig. 11 - Média da componente zonal do vento em 200mb entre as longitudes de 90°W a 40°W na latitude de $28,7^{\circ}\text{S}$ para os meses de junho e julho dos anos de 1975 a 1983.

Nesse ano de 1983 muitos foram os dias de intensa precipitação no Sul e Sudeste do Brasil, tendo havido problemas de enchentes em várias cidades desta região, principalmente nos meses de junho e julho. Considerando o Estado de Santa Catarina que foi o mais atingido pelas cheias, analisou-se a precipitação diária em Florianópolis (Figura 12) nos meses de maio, junho e julho. No mês de junho notam-se persistentes e altos valores de precipitação nos dias 12, 13 e 14. Durante este período o total de chuva foi de 123mm.

Na imagem de satélite do dia 11 de junho de 1983 (Figura 13a) nota-se um vórtice ciclônico em altos níveis da atmosfera no Oceano Pacífico, a oeste da América do Sul, e uma faixa de nebulosidade que segue o jato subtropical com escoamento anticiclônico estendendo-se desde a Bolívia até o Sudeste do Brasil. Na carta de linhas de corrente para este dia (Figura 14)-prognóstico do NMC - o vórtice a oeste da América do Sul aparece bem delineado na configuração da circulação, assim como o escoamento com curvatura anticiclônica sobre o continente. No dia 12 de junho o vórtice deslocou-se para leste, e, juntando-se com a faixa de nebulosidade associada ao jato, formou uma *falsa oclusa* (Figura 13b). O sistema neste dia estava afetando o Rio Grande do Sul e parte de Santa Catarina. No dia 13 (Figura 13c) o vórtice deslocou-se para o sul e na faixa de nebulosidade anticiclônica começou a haver uma circulação ciclônica. Neste dia observa-se (pela Figura 13) ainda intensa atividade em Santa Catarina e parte do Paraná, e nos dias posteriores o sistema deslocou-se para o Atlântico.

Os vórtices em altos níveis, que passam pelo Sul do Brasil vindos do Pacífico, representam uma característica importante da circulação no sentido de afetar a quantidade de chuva nesta região Sul. Por observação em imagens de satélite nota-se que muitas vezes há frontogênese associada à passagem do vórtice pelo Sul e Sudeste do Brasil, o que causa forte precipitação.

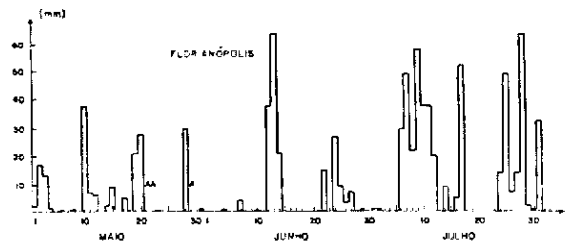
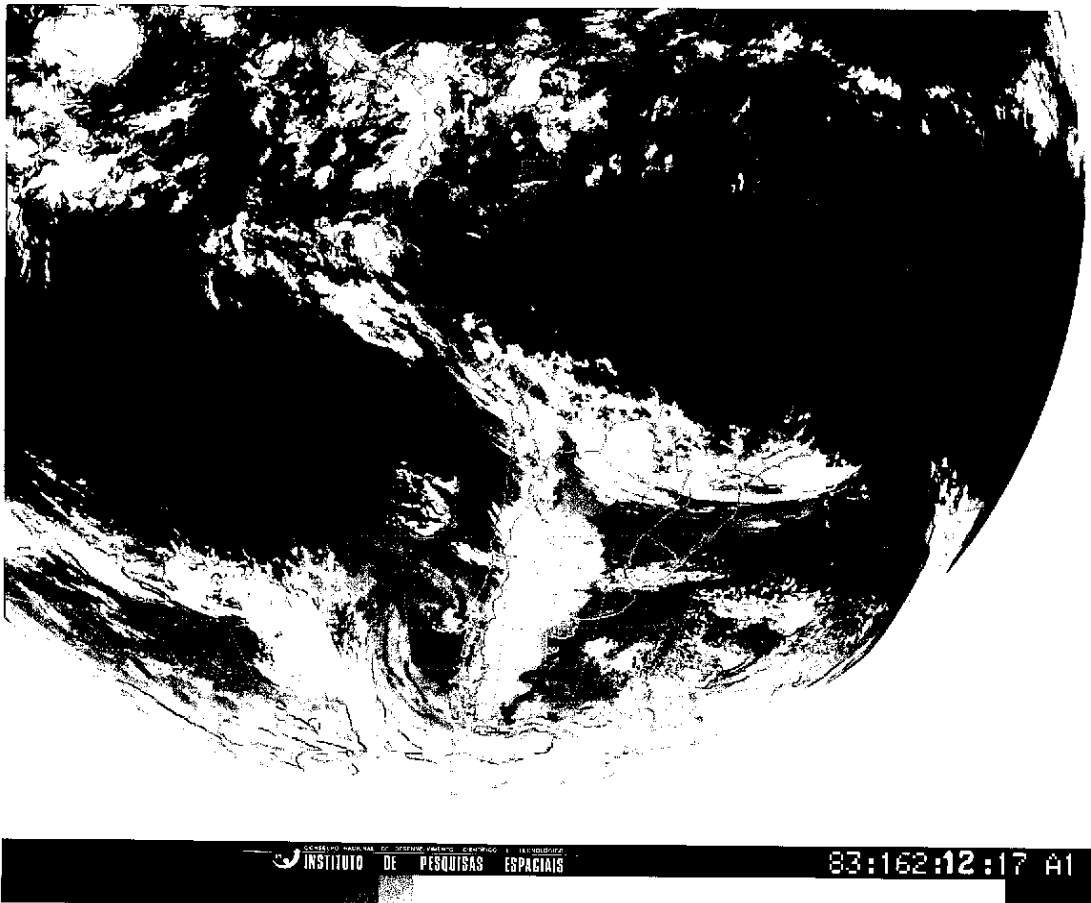


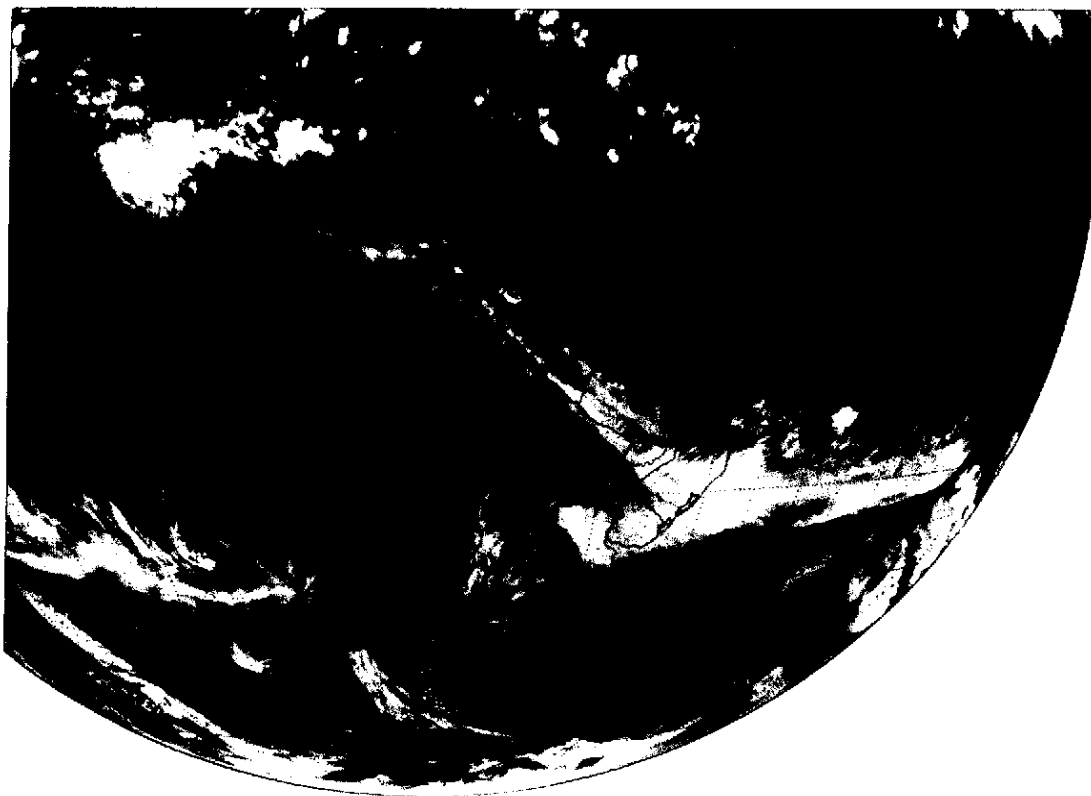
Fig. 12 - Precipitação em Florianópolis para os meses de maio, junho e julho de 1983.



a) 11 de junho de 1983.

Fig. 13 - Sequência de imagens no infravermelho.

(continua)

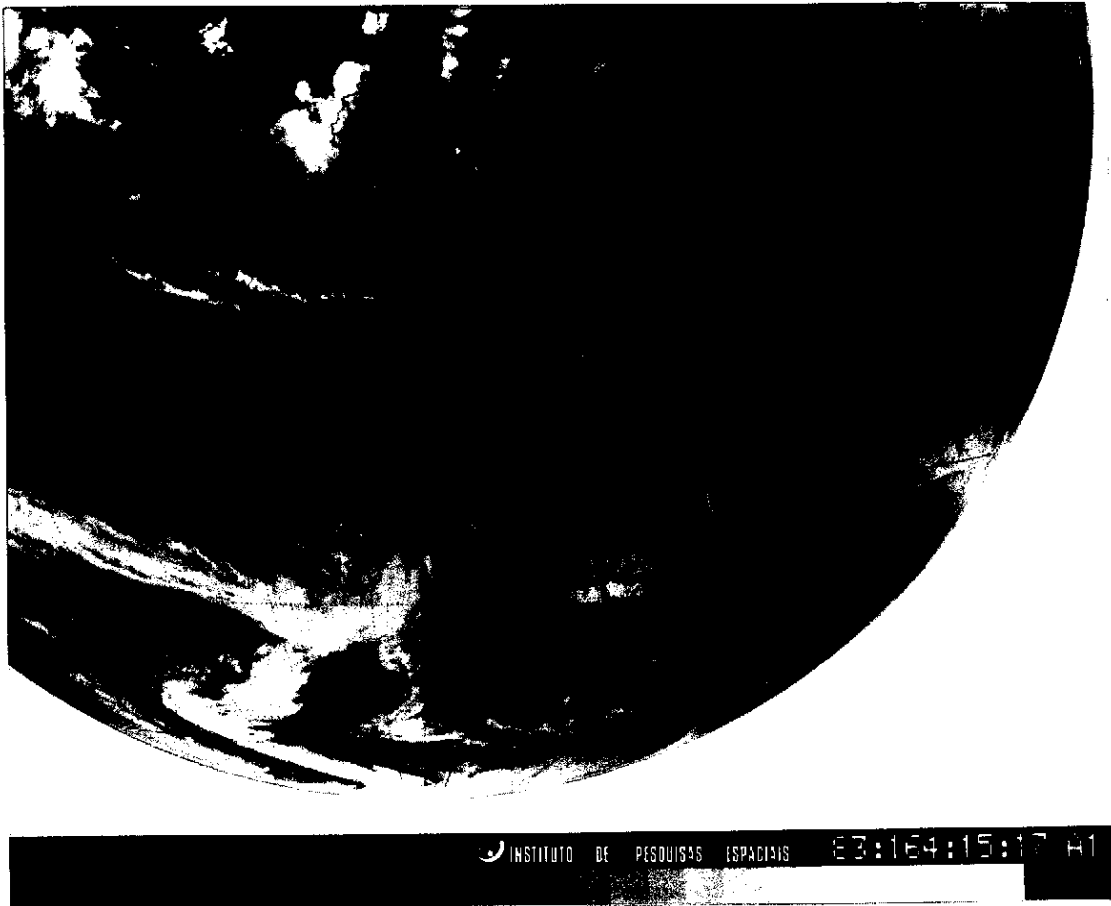


INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS 83:163:12:17 A1

b) 12 de junho de 1983.

Fig. 13 - Continuação.

(continua)



c) 13 de junho de 1983.

Fig. 13 - Conclusão.

No mês de julho de 1983 notam-se (pela Figura 12) dois períodos com persistência e intensidade de precipitação em Florianópolis. O primeiro período, de 6 a 17 de julho, totalizou 321mm de chuva. Neste período, vários sistemas frontais ficaram estacionários no Sudeste do Brasil, provocando intensa e contínua precipitação. Na imagem do dia 5 (Figura 15a) nota-se um sistema na região Sul do Brasil com grande atividade. Este formou-se a partir de uma frente fria que se desorganizou quando atravessou os Andes e também associado ao jato subtropical que estava bem intenso nos dias anteriores. No escoamento em 300mb (Figura 15b) observa-se a existência de um cavado sobre a América do Sul que favoreceu a atividade convectiva na região. Nota-se também um cavado com grande amplitude no Oceano Pacífico.

Do dia 6 ao dia 9, entre 30° e 40°S, dois vórtices em altos níveis entraram pela costa oeste da América do Sul, realimentando o sistema estacionário na região sudeste. Na imagem do dia 9 (Figura 16a), a zona frontal permaneceu com nuvens baixas desde a Bolívia até o Mato Grosso do Sul com atividade convectiva na região Sudeste do Brasil. Na configuração do escoamento em altos níveis, observou-se durante todo o período, na América do Sul, a corrente de jato subtropical sobre a região onde há a maior atividade do sistema. Ramaswamy (1956) e Whitney (1977) mostraram o papel do jato em altos níveis no desenvolvimento de atividade convectiva. No escoamento em 300mb para o dia 10, (Figura 14b) nota-se bem o desprendimento de uma circulação ciclônica e uma anticiclônica na mesma longitude no Pacífico, o que caracteriza um bloqueio clássico (Palmen and Newton, 1969). Este bloqueio contribuiu para a situação estacionária verificada sobre o Continente Americano. No dia 15 o escoamento começou a voltar ao normal (Figura 17a), mas o jato continuou intenso no Sul do País e, associado à passagem de outro sistema frontal, formou intensa convecção novamente no Sul do Brasil (Figura 17b). Nos dias posteriores este sistema deslocou-se para o Nordeste, deixando o Sul e Sudeste livres de precipitação até o dia 24. Neste dia iniciou-se outro período com persistência e grande intensidade de precipitação, como pode ser visto na Figura 12. Novamente o evento começou associado ao jato subtropical, que pode ser observado pela faixa de nebulosidade de NW para SE sobre a América do Sul

(Figura 18a), e a existência de uma zona frontal no Oceano Atlântico que se estende até o continente. No dia 25 a atividade convectiva deslocou-se para o Atlântico, mas o jato continuou intenso e houve um princípio de ciclogênese/frontogênese na costa oeste da América do Sul, que aparecem bem delineadas na imagem do dia 26 (Figura 16b). Neste dia nota-se intensa atividade no Sul do Brasil.

No escoamento em 300mb (Figura 19) para o dia 26, há uma difluência no escoamento sobre a parte oeste da América do Sul, o que é um fator importante para aumentar a convecção na área. Nota-se também um cavado na costa oeste da América do Sul, que proporcionou uma queda de pressão na superfície, a leste de seu eixo, coerente com a posição da ciclogênese. A passagem das zonas frontais pelo extremo sul da América do Sul com orientação NW-SE e a existência do sistema analisado em latitudes mais baixas (Figura 18b) reflete bem a existência de uma bifurcação no escoamento sobre o continente durante este período, mostrada na Figura 19.

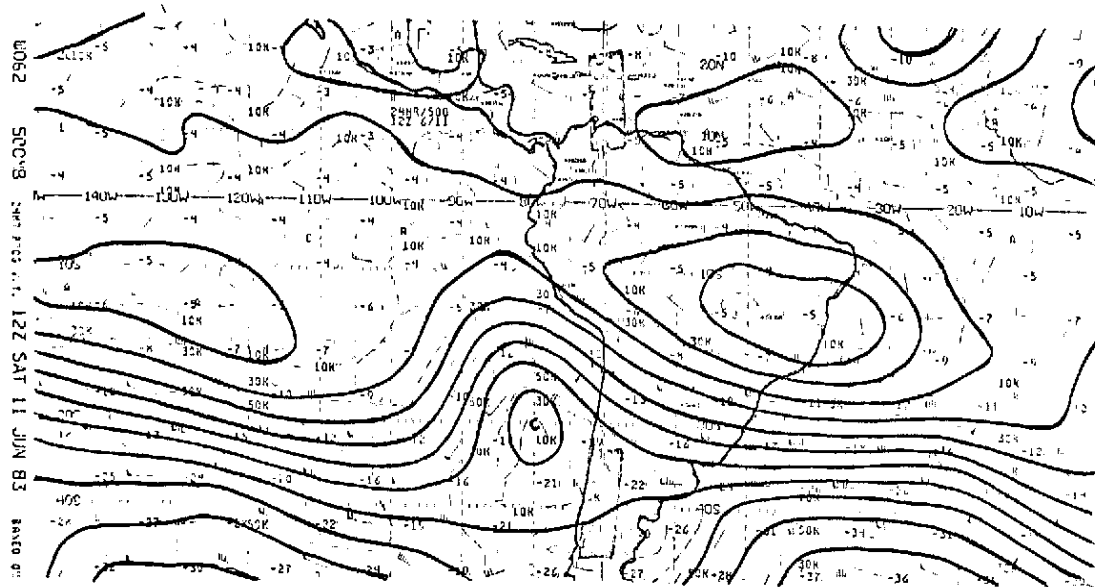
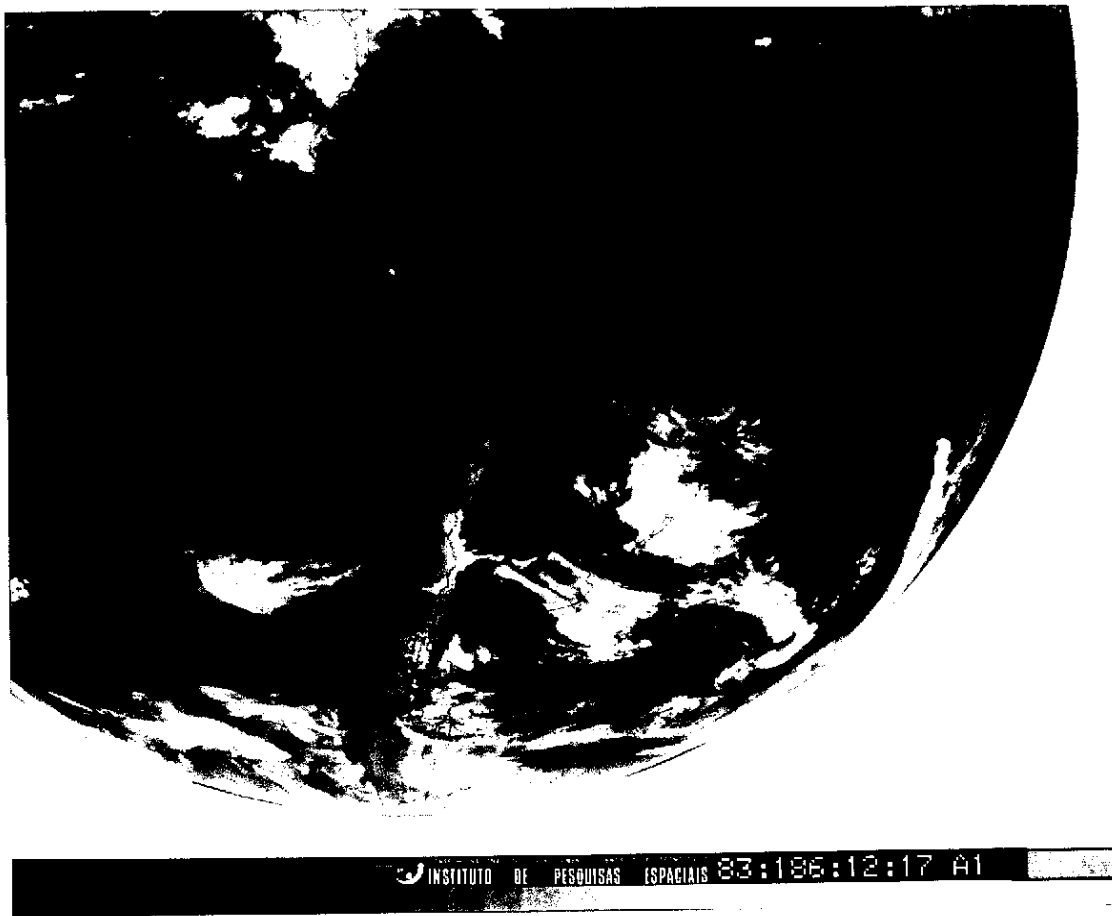
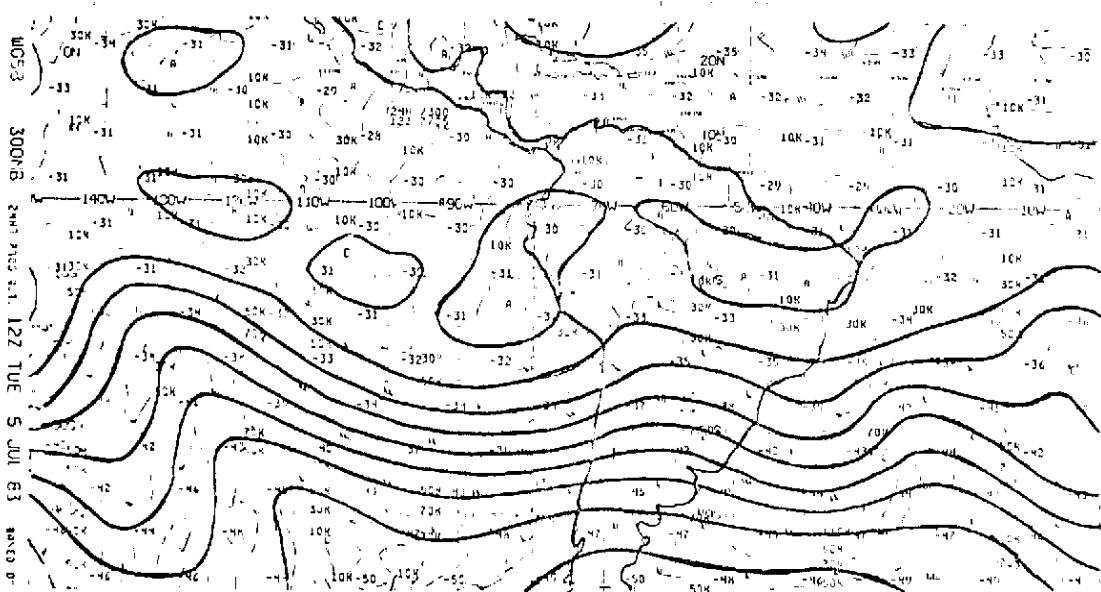


Fig. 14 - Escoamento em 500mb para o dia 11 de junho de 1983 (Prognóstico do NMC).

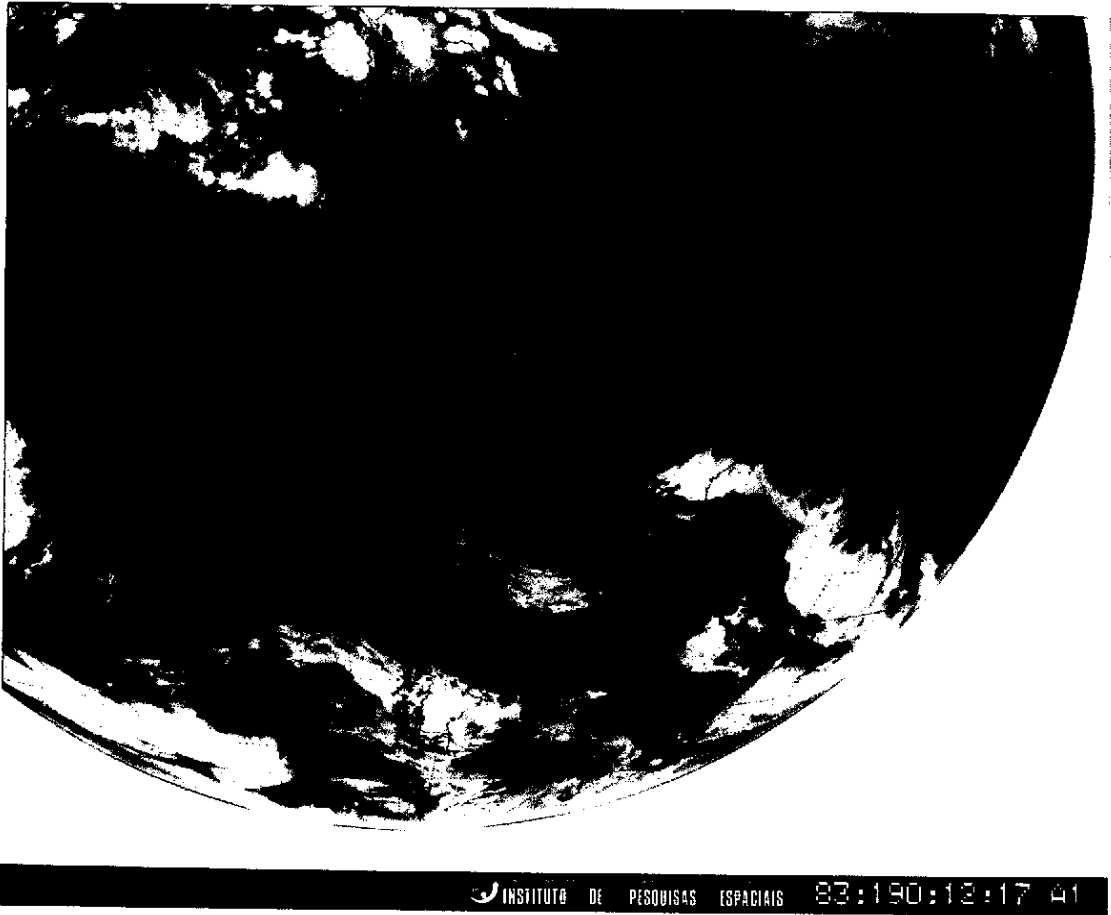


a) Imagem no infravermelho.

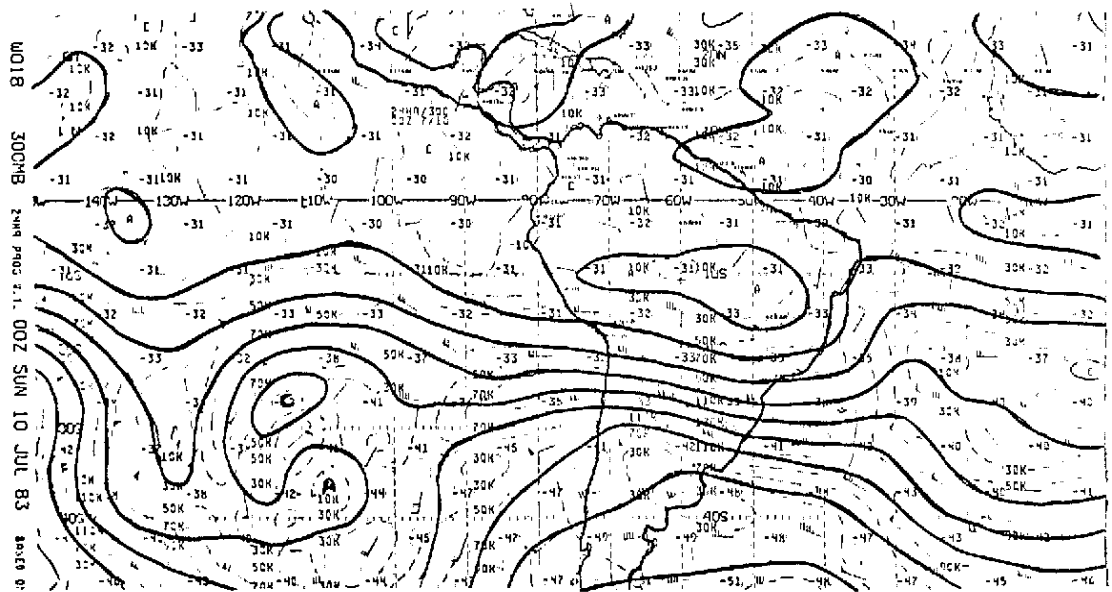


b) Escoamento para 300mb.

Fig. 15 - Análise para o dia 5 de julho de 1983.

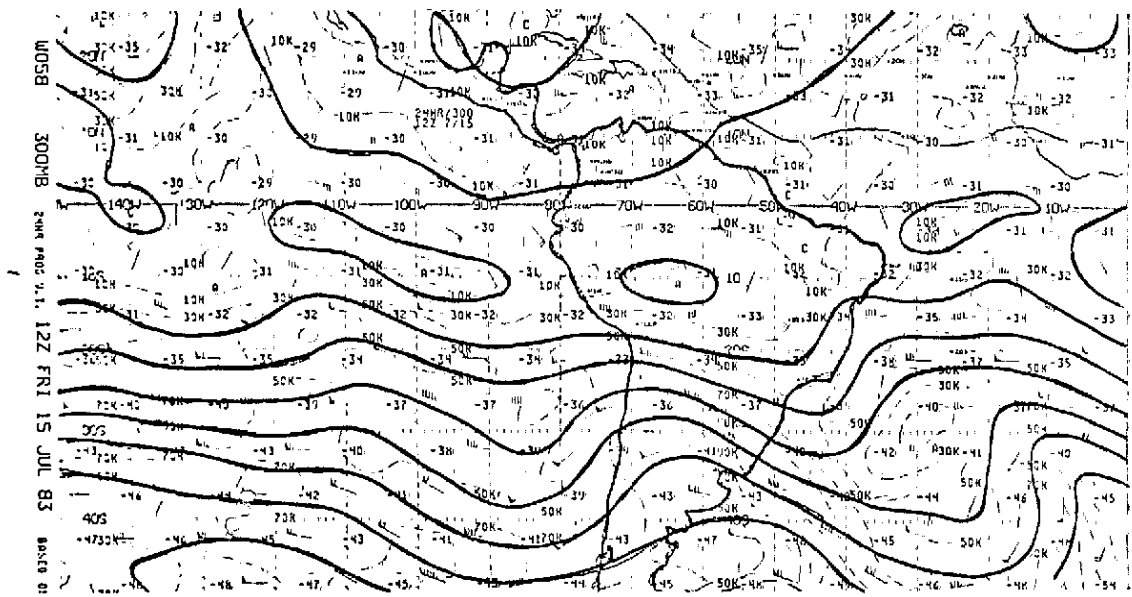


a) Imagem para o dia 9.

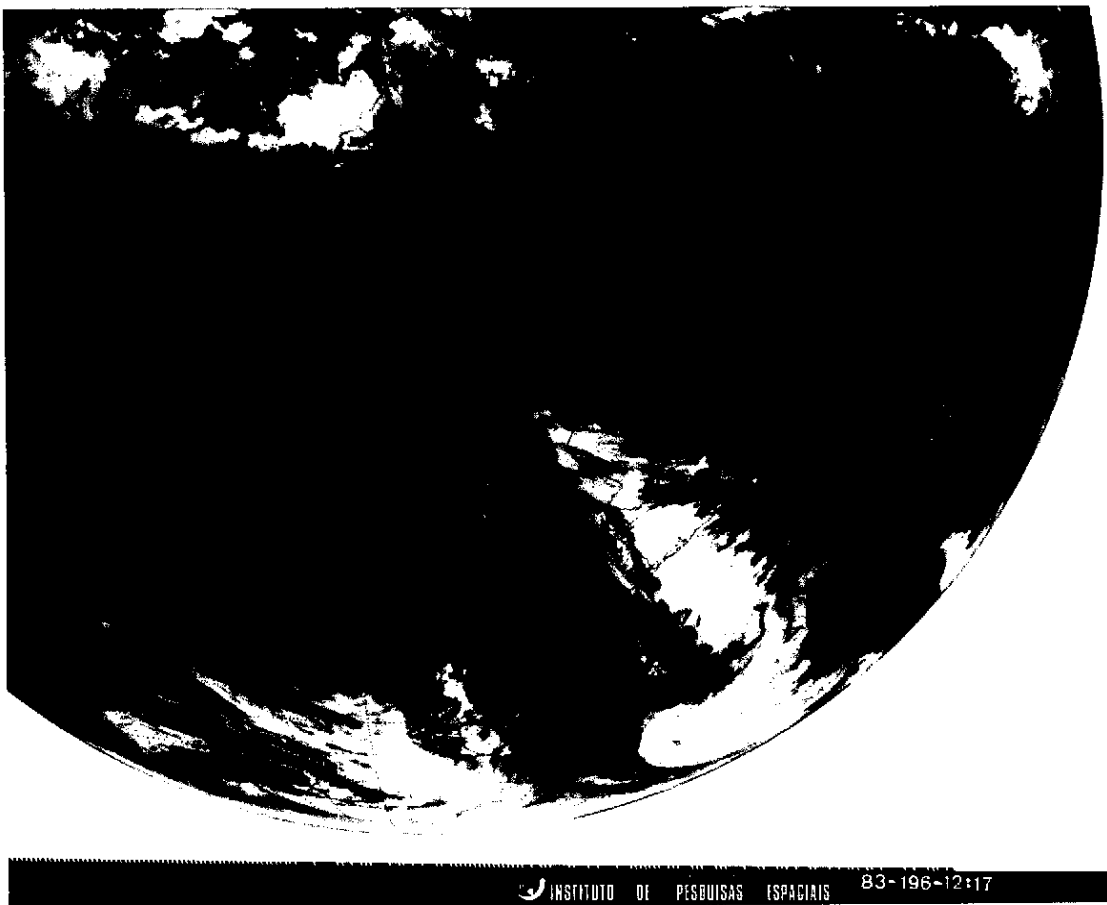


b) Escoamento em 300mb para o dia 10.

Fig. 16 - Análise para os dias 9 e 10 de julho de 1983.



a) Escoamento em 300mb.



b) Imagem no infravermelho.

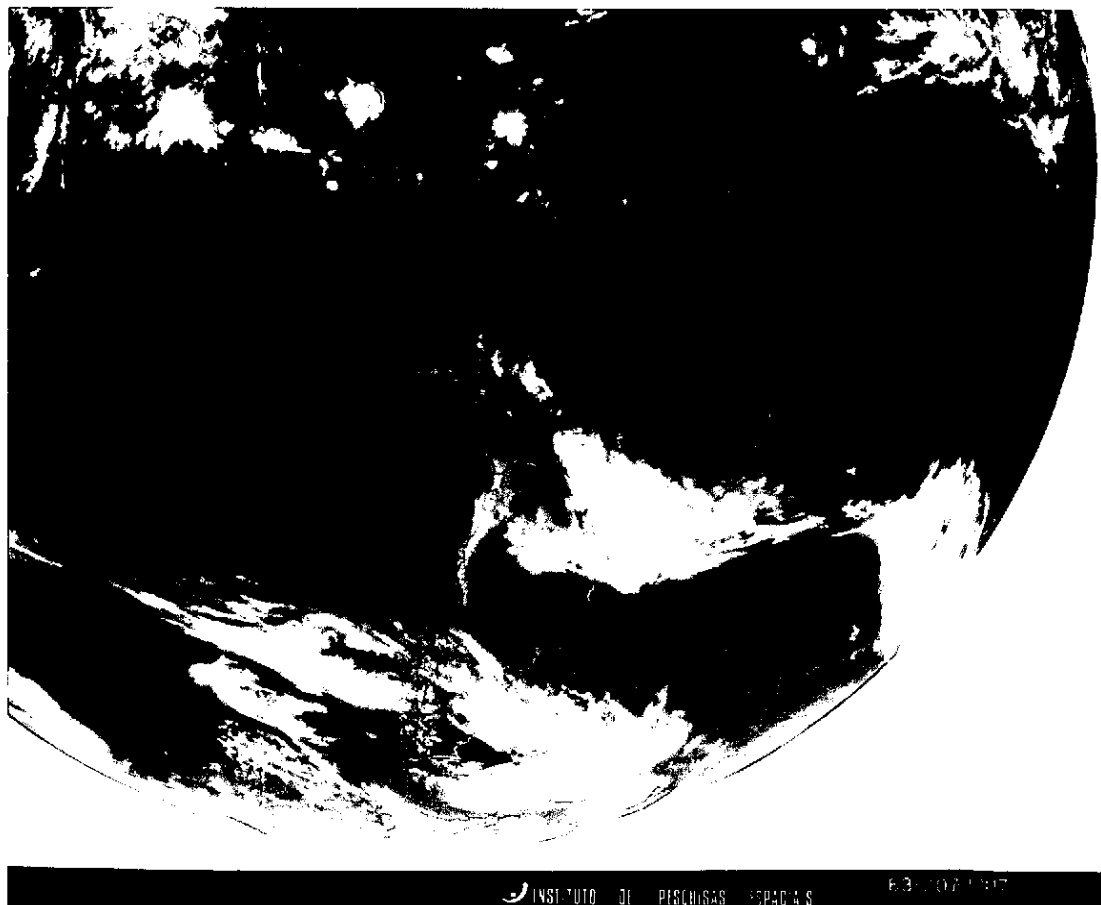
Fig. 17 - Análise para o dia 15 de julho de 1983.



a) 24 de julho de 1983.

Fig. 18 - Sequência de imagens.

(continua)



b) 26 de julho de 1983.

Fig. 18 - Continuação.

(continua)



c) 27 de julho de 1983.

Fig. 18 - Conclusão.

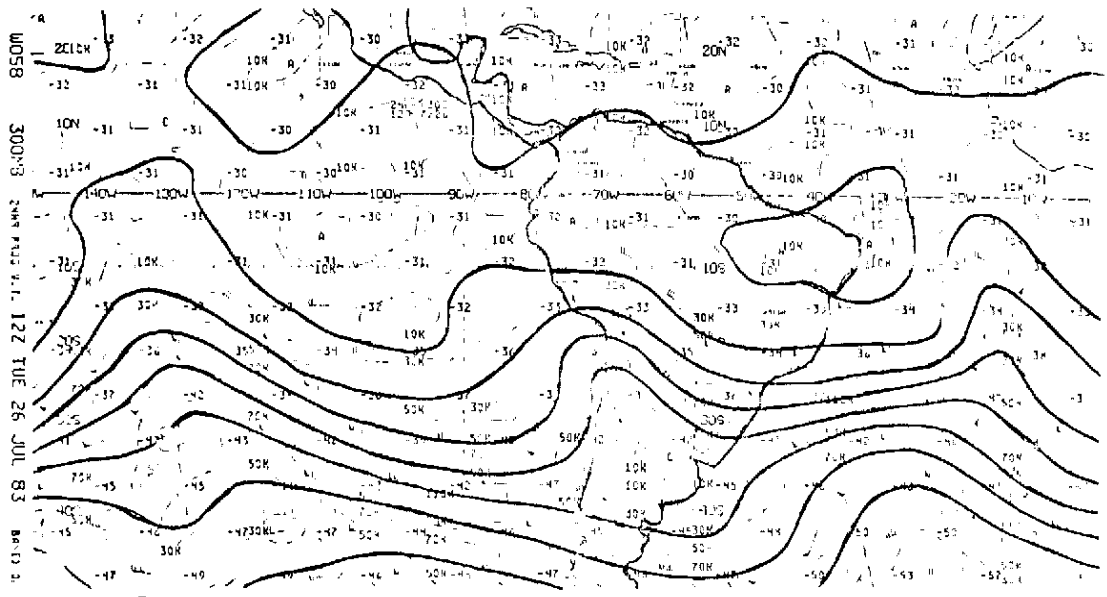


Fig. 19 - Escoamento em 300mb para o dia 26 de julho de 1983.

No dia 27 (Figura 18c) a zona frontal estava bem estabelecida com o centro de baixa pressão aproximando-se do Sul do Brasil. Esta região de baixa pressão é caracterizada pela grande convergência em baixos níveis, que favorece a convecção, e pela existência de ventos fortes em superfície devido ao forte gradiente de pressão com a vizinhança. Nos dias posteriores, este sistema deslocou-se para o oceano e um novo sistema começou a atuar na região Sul e Sudeste do Brasil, porém com menor intensidade.

5. CONCLUSÃO

Dos casos estudados nota-se que a influência de variações de grande escala na circulação é de fundamental importância para a intensidade e persistência de precipitação no Sul do Brasil. Destacam-se as diferenças no comportamento dos sistemas entre os anos de 1983 e os demais analisados. Nos anos em que a circulação atmosférica é considerada normal, associa-se a precipitação à passagem de sistemas sinóticos, sem entretanto haver persistência dos sistemas em uma região específica. Nos anos em que a precipitação é muito acima da normal, nota-se,

além da intensidade, uma persistência dos sistemas em uma região específica, associada à circulação anômala da atmosfera, como foi o caso de 1982/1983. Nota-se também que a trajetória dos sistemas que causaram precipitação no ano anômalo de 1983 situa-se em latitudes mais baixas que a normal, associadas a vórtices em altos níveis e ao jato subtropical, além da existência de zonas frontais estacionárias na região.

Ressalta-se, por observação em imagens de satélite, que os sistemas sinóticos que causam grande precipitação no Sul e Sudeste do Brasil, associados à circulação de grande escala, podem ser:

- 1) Sistemas frontais que se deslocam do Pacífico, passam pela Argentina e seguem para o Nordeste.
- 2) Sistemas que se organizam no Sul do Brasil resultantes de frontogênese/ciclogênese.
- 3) Sistemas que se desenvolvem no Sul e Sudeste do Brasil associados a vórtices ciclônicos ou cavados em altos níveis que chegam pela costa oeste da América do Sul vindos do Pacífico.
- 4) Sistemas que se organizam no Sul e Sudeste do Brasil com intensa convecção associada à instabilidade causada pelo jato subtropical.

A circulação da atmosfera tem um papel preponderante na ocorrência e atuação desses sistemas, e as análises detalhadas de variações na circulação devem ser realizadas com o fim de caracterizar bem suas relações com a evolução desses sistemas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, R.K. Severe storm satellite signature. Image Analysis for Aviation Applications. In: *World Meteorological Organization RA III/IV Training course on the management and application of meteorological satellite data*. São José dos Campos, WMO/INPE. 1983. p. C-3.
- BERGMAN, K. A multivariate optimum interpolation analysis system of temperature and wind fields. *Monthly Weather Review*, 107(11):1423-1444, Nov. 1979.
- BJERKNES, J. A possible response of the atmospheric Hadley circulation to equatorial anomalies of ocean temperature. *Tellus*, 18(4):820-829, 1966.
- JAPAN METEOROLOGICAL CENTER (JMSC). Synoptic cloud pattern model in westerlies - Severe weather. In: *Nephanalysis and its utilization by Geostationary Meteorological Satellite*. Tokio, 1983. p. 164.
- KOUSKY, V.E.; KAGANO, M.T.; CAVALCANTI, I.F.A. A review of the Southern Oscillation: oceanic-atmospheric circulation changes and related rainfall anomalies. *Tellus*, 36A(5):490-504, 1984.
- KOUSKY, V.E.; CAVALCANTI, I.F.A. Eventos Oscilação do Sul - El Nino: Características, evolução e anomalias de precipitação. *Ciência e Cultura*, 36(11):1888-1899, nov. 1984.
- McPHERSON, R.D.; BERGMAN, K.H.; KISTLER, R.E.; RASCH, G.E.; GORDON, D.S. The NMC operational global data assimilation system. *Monthly Weather Review*, 107(11):1445-1461, Nov. 1979.
- MOSMANN, R.C. Indian monsoon rainfall in relation to South America Weather, 1975-1914. *Memorial Indian Meteorological Department.*, 23:157-242, 1924.
- PALMEN, E.; NEWTON, C.W. Three-dimensional flow patterns in extratropical disturbances. In: MIEGHAM, J.V. Ed. *Atmospheric circulation systems*. New York, Academic, 1969. Cap. 10, p. 274-278. (International Geophysics Series, v. 13).

- PETTERSSSEN, S. Development of cyclones and anticyclones. In:
Petterssen, S., Weather analysis and forecasting. New York,
Mcgraw-Hill, 1956. v. 1, cap. 16, p. 320-339.
- RAMASWAMY, C. On the subtropical jet stream and its role in the
development of large-scale convection. *Tellus*, 8(1):26-60, 1956.
- RASMUSSEN, E.M.; HALL, J.M. Pacific Ocean Event of 1982/1983.
Weatherwise, 36(4):166-175, Aug. 1983.
- SATYAMURTY, P.; RAO, V.B.; MOURA, A.D. Subsynoptic scale baroclinic
instability. *Journal of Atmospheric Science*, 39(5):1052-1061, 1982.
- STRETEN, N.A. Southern Hemisphere Circulation Contrasts in the winters
of 1972 and 1973. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOUTH HEMISPHERE
METEOROLOGY, 1, São José dos Campos, 1983. *Preprints.* Boston,
American Meteorological Society, 1983, p. 108-111.
- UCCELLINI, L.W.; JOHNSON, D.R. The coupling of upper and lower
tropospheric jet streaks and implications for the development of
severe convective storms. *Monthly Weather Review*, 107(6):682-703,
1979.
- WALKER, G.T.; BLISS, W.W. World Weather V. *Memorial Royal
Meteorological Society*, 4:53-84, 1932.
- WHITNEY, L.F.J. Relationship of the subtropical jet stream to severe
local storms. *Monthly Weather Review*, 105(2):398-412, 1977.