

UM ESTUDO OBSERVACIONAL SOBRE AS BAIXAS FRIAS DA ALTA TROPOSFERA NAS LATITUDES SUBTROPICAIS DO ATLÂNTICO SUL E LESTE DO BRASIL.

MANOEL ALONSO GAN
VERNON E. KOUSKY

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO
- CNPq -
INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS - SP

RESUMO

Realiza-se um estudo observacional das baixas frias da alta troposfera nas latitudes subtropicais. Através de imagens de satélites, observa-se que as baixas frias úmidas (aquelas que possuem nebulosidade significativa) surgem entre os meses de setembro e maio. A formação deste ciclone está associada a uma pré-intensificação da crista situada a sudoeste da baixa fria.

1 - INTRODUÇÃO

Vários estudos têm investigado os sistemas de chuvas e suas variabilidades sazonais e interanuais, atuando sobre o Nordeste do Brasil (Nordeste), numa tentativa de melhor compreender as secas e enchentes que ocorrem na região.

Muitos pesquisadores utilizando as médias mensais correlacionaram a circulação geral dos Hemisférios Norte e Sul com o clima do Nordeste; dentre estes ressaltam-se: Namias (1972), Hanstenrath e Heller (1977), Markham e McLain (1977), Moura e Shukla (1981). Entretanto, chuvas nessa região, em geral, ocorrem apenas durante alguns períodos distintos, provocados por sistemas tais como frentes frias, ondas de leste e aglomerados de cumulonimbus (Ramos, 1975; Kousky, 1979).

Outro sistema causador de chuvas no Nordeste é a baixa fria da alta troposfera. Utilizando dados convencionais, Dean (1971) e Aragão (1975) notaram a presença de baixas frias durante épocas chuvosas. Vórtices ciclônicos também foram encontrados sobre o Nordeste, quando se observou a animação de imagens de satélites geoestacionários (Virgi, 1981). Kousky e Gan (1981) basearam-se em dados convencionais e imagens de satélites para determinar o comportamento das baixas frias e suas possíveis causas de formação.

Este trabalho é uma extensão do estudo feito por Kousky e Gan (1981), com a finalidade de determinar a climatologia das baixas frias que penetraram no Brasil, oriundas do oceano Atlântico Sul, e os processos dinâmicos de formação desses vórtices.

2 - DADOS

Dois tipos de dados foram utilizados:

- Imagens de satélites no período de setembro/1974 a agosto/1981. Para setembro/1974 a setembro/1978 obtiveram-se imagens de hora em hora, no infravermelho e no visível (durante o dia), do satélite SMS/GOES - Satélite Geoestacionário, as quais encontram-se em microfilmes fornecidos pela "National Oceanic and Atmospheric Administration".

Para outubro/1978 a fevereiro/1979 obtiveram-se imagens diárias no infravermelho do satélite NOAA-5 - órbita polar, recebidas pelo Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE). A partir de março/1979 adquiriram-se imagens no infravermelho do satélite SMS/GOES, recebidas pelo INPE a cada três horas.

- Dados das componentes (u, v) do vento nos horários 0000 e 1200 TMG, para os níveis padrões entre 1000 e 200 mb, obtidos do "National Center for Atmospheric Research", Boulder Colorado, E.U.A., são análises do "National Meteorological Center". Estes dados apresentam-se em ponto de grade longitudinais com intervalos de 5° e latitudinais com pontos equidistantes para uma projeção Mercator de 48,1°N a 48,1°S.

3 - ESTUDO CLIMATOLÓGICO

Esta parte tem como finalidade a complementação do estudo climatológico feito por Kousky e Gan (1981). O período estudado no trabalho precedente foi menor do que o realizado agora, não tendo também imagens para alguns meses. Sua realização efetuou-se com microfilmes "mercator", composto por imagens de satélite de órbita polar, cuja qualidade é inferior aos dos microfilmes aqui empregados.

Neste estudo estão incluídas apenas as baixas frias úmidas que se formaram na região do Atlântico Sul, ou na região Leste do Brasil. As baixas frias que penetraram no Sul do Brasil provenientes do oceano Pacífico não são aqui tratadas.

A Tabela 1 fornece o número de baixas frias úmidas por mês, formadas no Oceano Atlântico Sul, e o número de dias, por mês, com nebulosidades dessas baixas frias para o período estudado.

Na tabela verificam-se os seguintes aspectos:

- a- no período de maio a agosto não ocorreu formação de baixas frias úmidas;
- b- nos meses de verão, especialmente janeiro, houve a maior frequência de formação das baixas frias.

Estes resultados concordam quase que completamente com os de Kousky e Gan (1981), a não ser pelo fato de que estes não encontraram formação de baixas frias úmidas no mês de setembro.

O período de maior frequência das baixas frias coincide com a época do ano em que o escoamento, no nível de 200 mb, na região da América do Sul é mais meridional (Newell et alii, 1972; Kousky e Molion, 1981). Este escoamento é caracterizado por uma alta na região da Bolívia e um cavado sobre o oceano Atlântico Sul. Esta situação, em média, aparentemente favorece a formação das baixas frias, como pode ser visto na Figura 1, a qual mostra o escoamento nos meses de inverno e nos de verão, e na Figura 2 que apresenta a seção longitude versus tempo da média mensal da componente meridional do vento.

As Figuras 3 a 7 mostram as posições de formação das baixas frias úmidas que surgiram nos meses de novembro a março, respectivamente, assim como suas posições diárias assumidas no decorrer de suas vidas. Estes diagramas mostram que as baixas frias possuem uma tendência para se formarem no oceano e na costa leste brasileira, porém houve casos de formação no interior do continente.

Através desses diagramas nota-se também, que no mês de dezembro (Figura 4) existe uma tendência das baixas frias se posicionarem na região de 30° - 45°W e 5° - 20°S, ao passo que em janeiro (Figura 5) esta concentração estende-se até 20°W. Nos outros meses observa-se que as baixas frias assumem posições mais ao sul desta concentração.

Resumindo, nota-se no verão a ocorrência de baixas frias úmidas, sendo que sua maior concentração ocorre no Nordeste Brasileiro e em áreas oceânicas próximas à costa dessa região, o que deve afetar profundamente o clima do Nordeste.

4. FORMAÇÃO

Contrariamente à seção anterior, onde foram estudadas baixas frias a partir da formação de nebulosidade, aqui aborda-se o problema da geração das baixas frias desde o seu estágio inicial, usando dados convencionais.

Buscando a obtenção do dia e da posição em que ocorrem formações de baixas frias secas, fez-se necessário o uso de cartas de ventos. Através destas cartas, notou-se também alguns proces

so dinâmicos que propiciariam a formação desses vórtices ciclônicos. As Figuras 8 a 10 apresentam estas análises para a formação de três baixas frias. Enfocando as Figuras 8 (a, b, c) nota-se que a baixa fria se formou primeiro no nível de 200 mb, em 12°S - 37°W (Figura 8b) e 12 horas após estendeu-se até 300 mb (Figura 8c). Nos outros dois casos (Figuras 9 e 10) a baixa fria encontra-se formada até o nível de 300 mb e 500 mb, respectivamente. Assim, acredita-se que as baixas frias formam-se inicialmente em torno de 200 mb, estendendo-se rapidamente para os níveis médios.

Distinguiu-se também nestas figuras a intensificação sofrida pela crista situada a oeste da baixa fria. No entanto, através destas cartas torna-se impossível a avaliação quantitativa do fortalecimento da crista. Para se ter uma melhor idéia dessa intensificação, resolveu-se trabalhar com cartas de vorticidade relativa. A Figura 11 mostra isolinhas de vorticidade de 18 de janeiro de 1977 às 0000 TMG até o dia 20 do mesmo mês às 0000 TMG. Acompanhando a sequência de 12 em 12 horas dessas cartas, observou-se que entre 0000 e 1200 TMG do dia 18 (Figuras 11a e 11b) o cavado situado ao sul do Brasil intensificou-se. No dia 19 entre 0000 e 1200 TMG (Figuras 11c e 11d) foi a crista localizada próxima a 35°W que se intensificou, e neste período também houve o desprendimento da parte equatorial do cavado, centrada em 20°W. Nas doze horas seguintes (Figura 11e) o vórtice ciclônico em torno de 20°W se fortaleceu.

Desse modo, nota-se que a intensificação de um cavado de ar superior acompanhada, logo em seguida, de uma amplificação da crista a jusante propicia a formação de uma baixa fria. Este resultado concorda com o mecanismo de formação das baixas frias proposto por Kousky e Gan (1981) e com o modelo desenvolvido por Dias e Schubert (1979).

Todavia, nem todas as baixas frias formaram-se de maneira análoga à descrita nesta seção, pois ocorreram casos, como se observa nas Figuras 12 (a, b) em que o vórtice ciclônico se fechou sem que houvesse as características do escoamento discutidas anteriormente. Porém como foi sugerido por Dean (1971), pode ser que a formação destas baixas frias esteja relacionada com a circulação geral dos Hemisférios Norte e Sul. Segundo Dean, a diminuição dos ventos de leste na alta troposfera no Hemisfério Sul decorre da substituição destes por ventos de oeste vindos do Hemisfério Norte. À medida que os ventos penetram o Nordeste do Brasil e o oceano Atlântico Sul, o vórtice ciclônico aparece em 200 mb e depois em 300 mb.

5 - CONCLUSÃO

Através das imagens de satélite, notou-se que a maior incidência de formação das baixas frias úmidas, surgidas no oceano Atlântico Sul e na costa leste do Brasil, ocorre no verão.

A intensificação de um cavado de ar superior nos subtrópicos, com posterior intensificação da crista corrente abaixo deste cavado, propicia a formação das baixas frias a jusante da crista. De onde se conclui que a gênese destes vórtices está relacionada com a propagação de energia de onda no sentido SW - NE.

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Vadlamudi B. Rao pela revisão técnica.

À Mirian Vicente pela eficiente datilografia e montagem.

Este trabalho foi parcialmente realizado dentro do convênio CNPq/INPE/FINEP B/54-81/042/00/00.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAGÃO, J.O.R. *Um estudo da estrutura das perturbações sinóticas do Nordeste do Brasil*. Tese de Mestrado em Meteorologia. São José dos Campos, INPE, 1975. (INPE-789-TPT/017).
- DEAN, G.A. *The three-dimensional wind structure over South America and associated rainfall over Brazil*. São José dos Campos, INPE, 1971. (LAFE-164).
- DIAS, P.L.S.; SCHUBERT, W.H. *The dynamics of equatorial mass-flow adjustment*. Fort Collins, CO, Colorado State University, 1979. 203p. (Atmospheric Science Paper nº 312).
- HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of climate hazards in Northeast Brazil. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 103(135):77-92, Jan., 1977.
- KOUSKY, V.E. Frontal influences on Northeast Brazil. *Monthly Weather Review*, 107(9):1140-1153, Sept., 1979.
- KOUSKY, V.E.; GAN, M.A. Upper tropospheric cyclonic vortices in the tropical South Atlantic. *Tellus*, 33(6):538-551, Dec. 1981.
- KOUSKY, V.E.; MOLION, L.C.B. *Uma contribuição à climatologia da dinâmica da atmosfera sobre a Amazônia*. São José dos Campos, INPE, mar. 1981. (INPE-2030-RPI/G50).

- MARCKHAM, C.G.; McLAIN, D.R. Sea surface temperature related to rain in Ceará, north-eastern Brazil. *Nature*, 265(5592):320-323, Jan. 1977.
- MOURA, A.D.; SHUKLA, J. On the dynamics of droughts in Northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. *Journal of the Atmospheric Science*, 38(12):2653-2675, Dec. 1981.
- NAMIAS, J. Influence of Northern Hemisphere General circulation on drought in Northeast Brazil. *Tellus*, 24(4):336-342, Apr. 1972.
- NEWELL, R.E.; KIDSON, J.W.; VINCENT, D.G.; BOER, G.J. Mean temperature and wind fields. In: *The general circulation of the tropical atmosphere and interactions with extra tropical latitudes*. Cambridge, MA, MIT Press, c 1972, V.1, cap. 3, p. 37-46.
- RAMOS, R.P.L. Precipitation characteristics in the Northeast Brazil dry region. *Journal of Geophysical Research*, 80(12):1665-1678, Apr., 1975.
- VIRJI, H. A preliminary study of summertime tropospheric circulation patterns over South America estimated from cloud winds. *Monthly Weather Review*, 109(3):599-610, mar. 1981.

ABSTRACT

AN OBSERVATIONAL STUDY ON UPPER TROPOSPHERIC COLD
LOWS OVER THE SUBTROPICAL SOUTH ATLANTIC AND EASTERN BRAZIL.

Upper tropospheric cold lows in the subtropics are studied using satellite imagery. It is observed that the moist cold lows (those having significant cloudiness) form from september to may. The formation of these cyclones is preceded by an intensification of a ridge in the southwest of the cold low.

C.D.U. - 551-515-2:551.510.52(261.5)

TABELA 1

NÚMERO DE BAIXAS FRIAS ÚMIDAS, POR MÊS, FORMADAS NO OCEANO ATLÂNTICO SUL E O NÚMERO DE DIAS, POR MÊS, COM NEBULOSIDADE DES SAS BAIXAS FRIAS NO PERÍODO DE SETEMBRO/78 A AGOSTO/81.

| MÊS | Nº | Nº/DIAS |
|-------|----|---------|
| JAN. | 18 | 93 |
| FEV. | 51 | 82 |
| MAR. | 8 | 53 |
| ABR. | 5 | 10 |
| MAI. | - | 1 |
| JUN. | - | - |
| JUL. | - | - |
| AGO. | - | - |
| SET. | 2 | 5 |
| OUT. | 1 | 3 |
| NOV. | 11 | 42 |
| DEZ. | 10 | 68 |
| TOTAL | 70 | 357 |

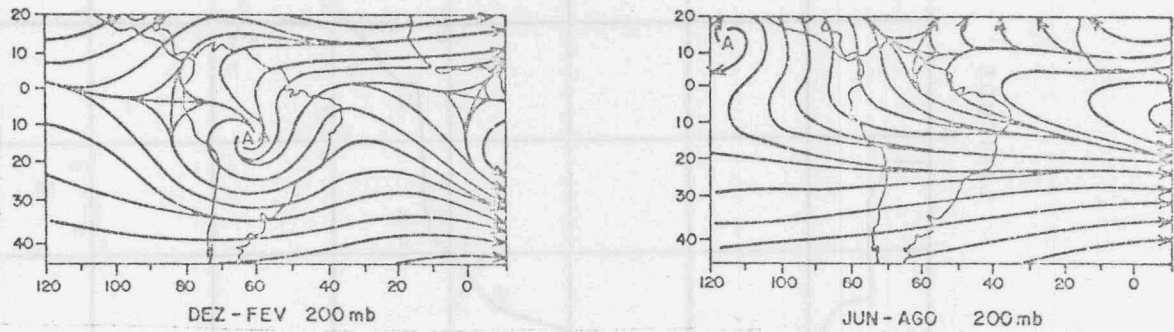


Fig. 1 - Linhas de corrente representativas do escoamento médio.
 FONTE: Kousky e Molion (1981)

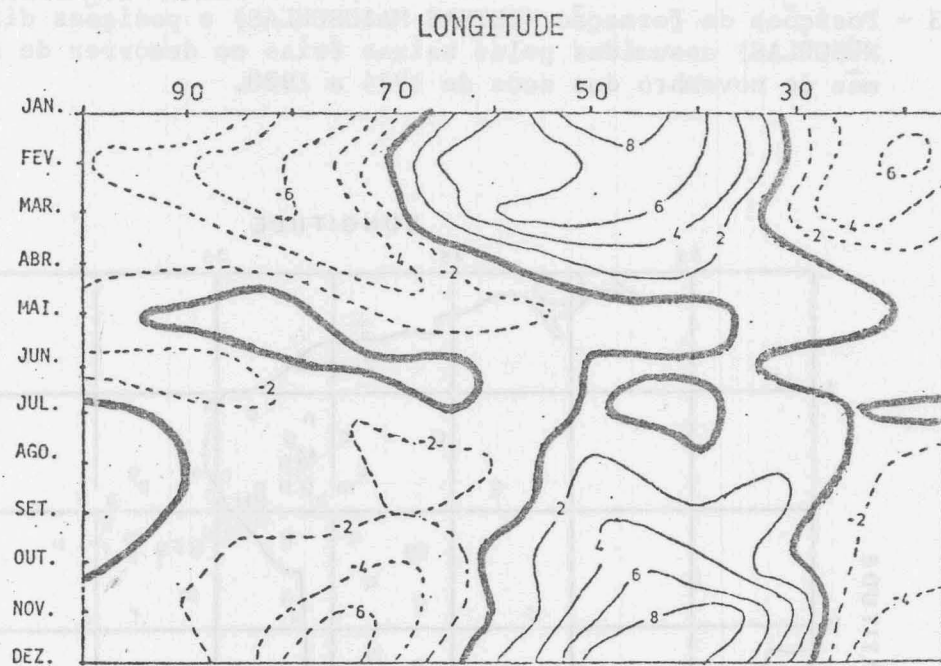


Fig. 2 - Média mensal de 1975 a 1979 da componente meridional do vento, no nível de 200 mb, para a latitude de 15°S.

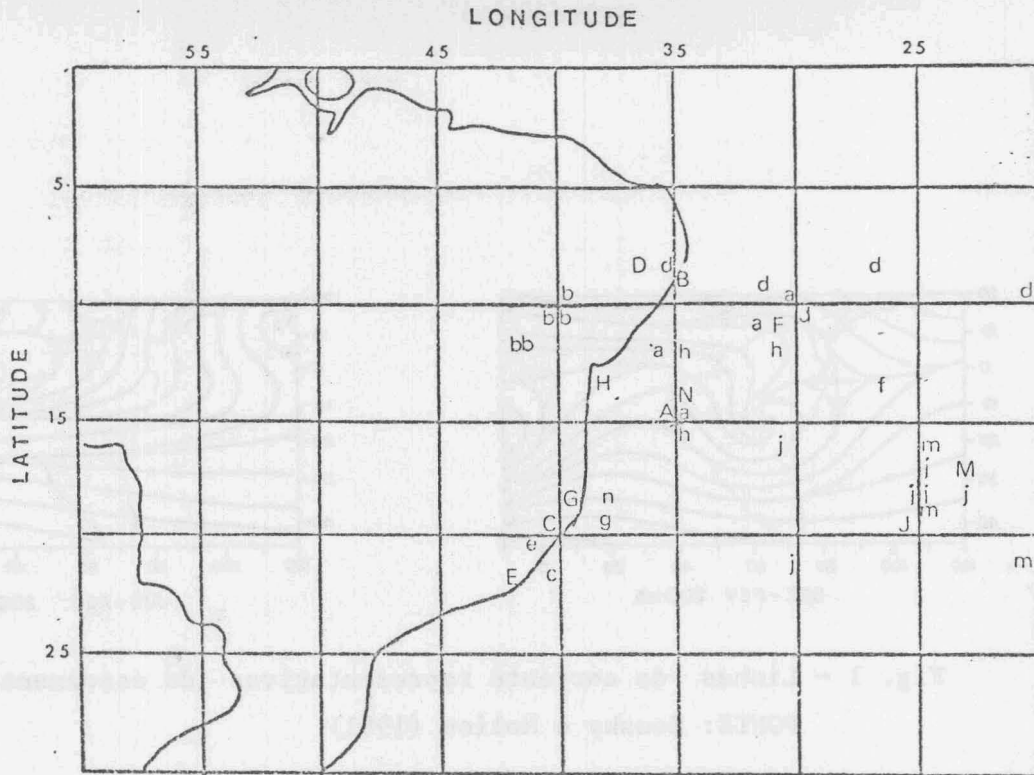


Fig. 3 - Posições de formação (LETRAS MAIUSCULAS) e posições diárias (LETRAS MINÚSCULAS) assumidas pelas baixas frias no decorrer de sua vida, para o mês de novembro dos anos de 1974 a 1980.

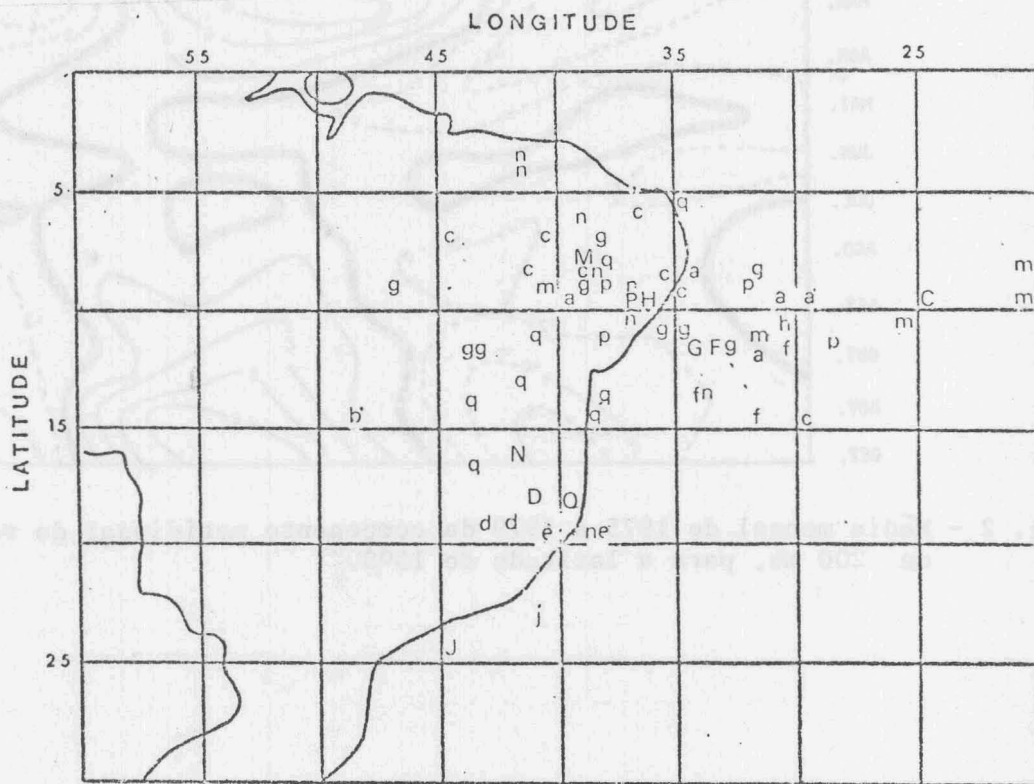


Fig. 4 - Posições de formação (LETRAS MAIÚSCULAS) e posições diárias (LETRAS MINÚSCULAS) assumidas pelas baixas frias no decorrer de sua vida, para o mês de dezembro dos anos de 1974 a 1980.

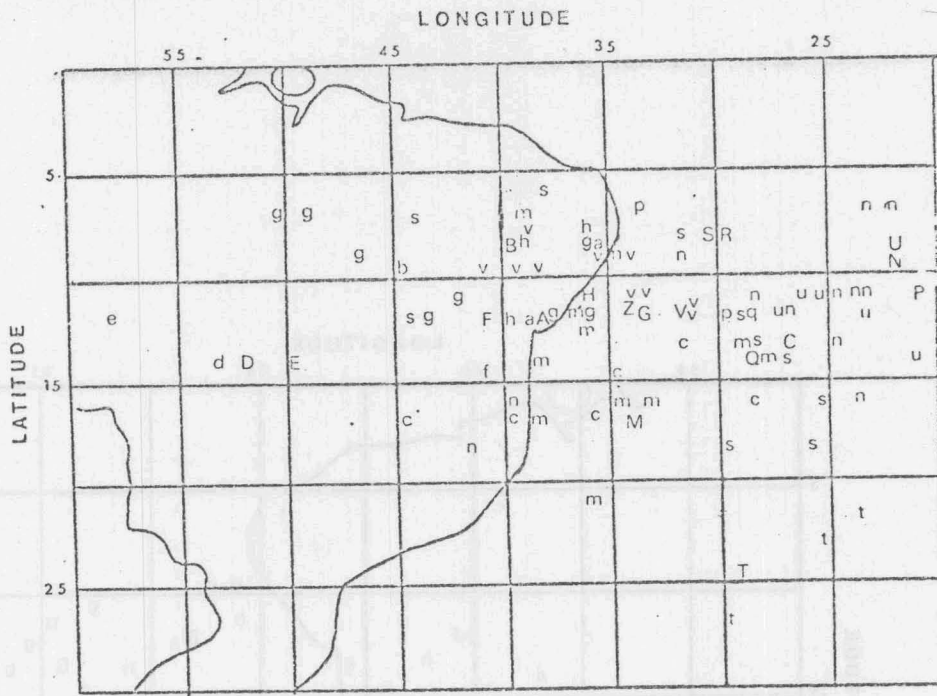


Fig. 5 - Posições de formação (LETRAS MAIÚSCULAS) e posições diárias (LETRAS MI NÚSCULAS) assumidas pelas baixas frias no decorrer de sua vida, para o mês de janeiro nos anos de 1975 a 1981.

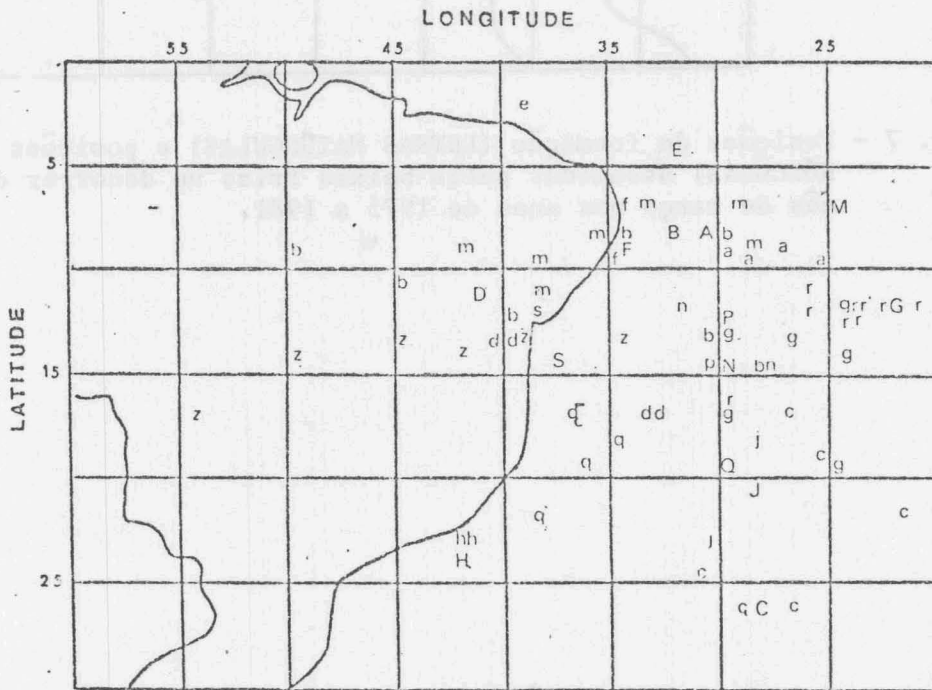


Fig. 6 - Posições de formação (LETRAS MAIÚSCULAS) e posições diárias (LETRAS MI NÚSCULAS) assumidas pelas baixas frias no decorrer de sua vida, para o mês de fevereiro dos anos de 1975 a 1981.

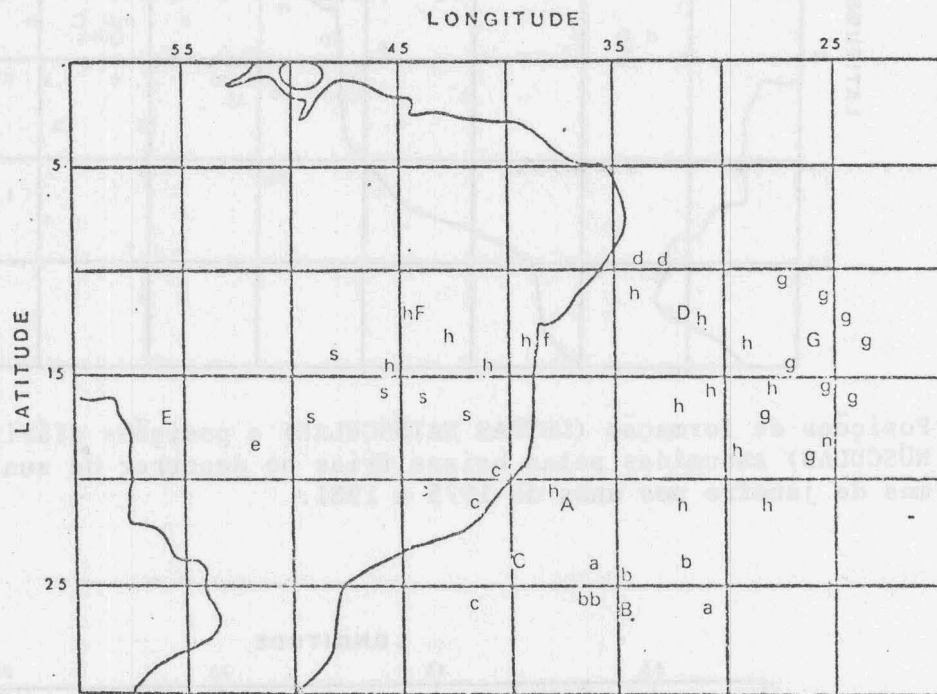
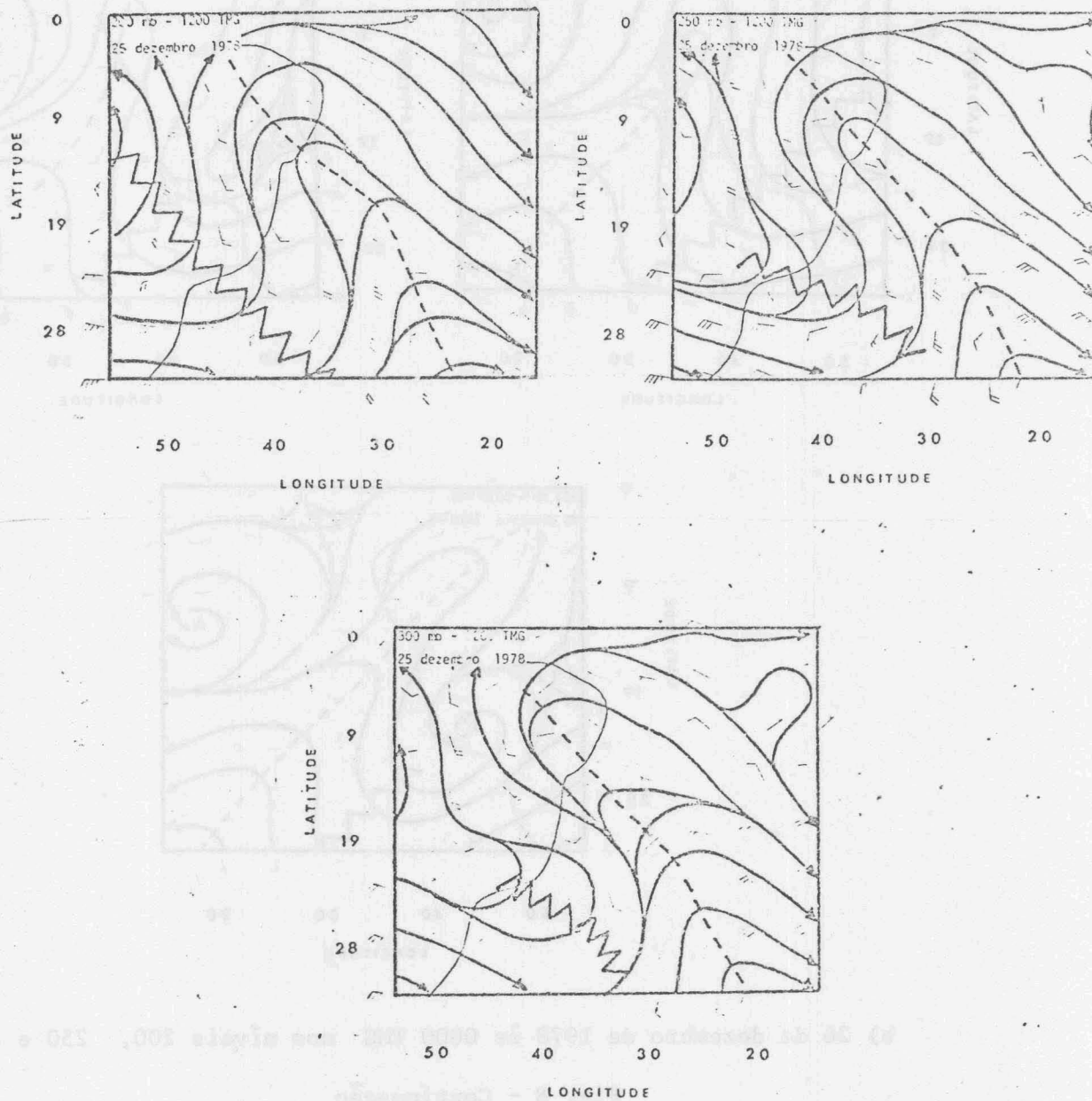
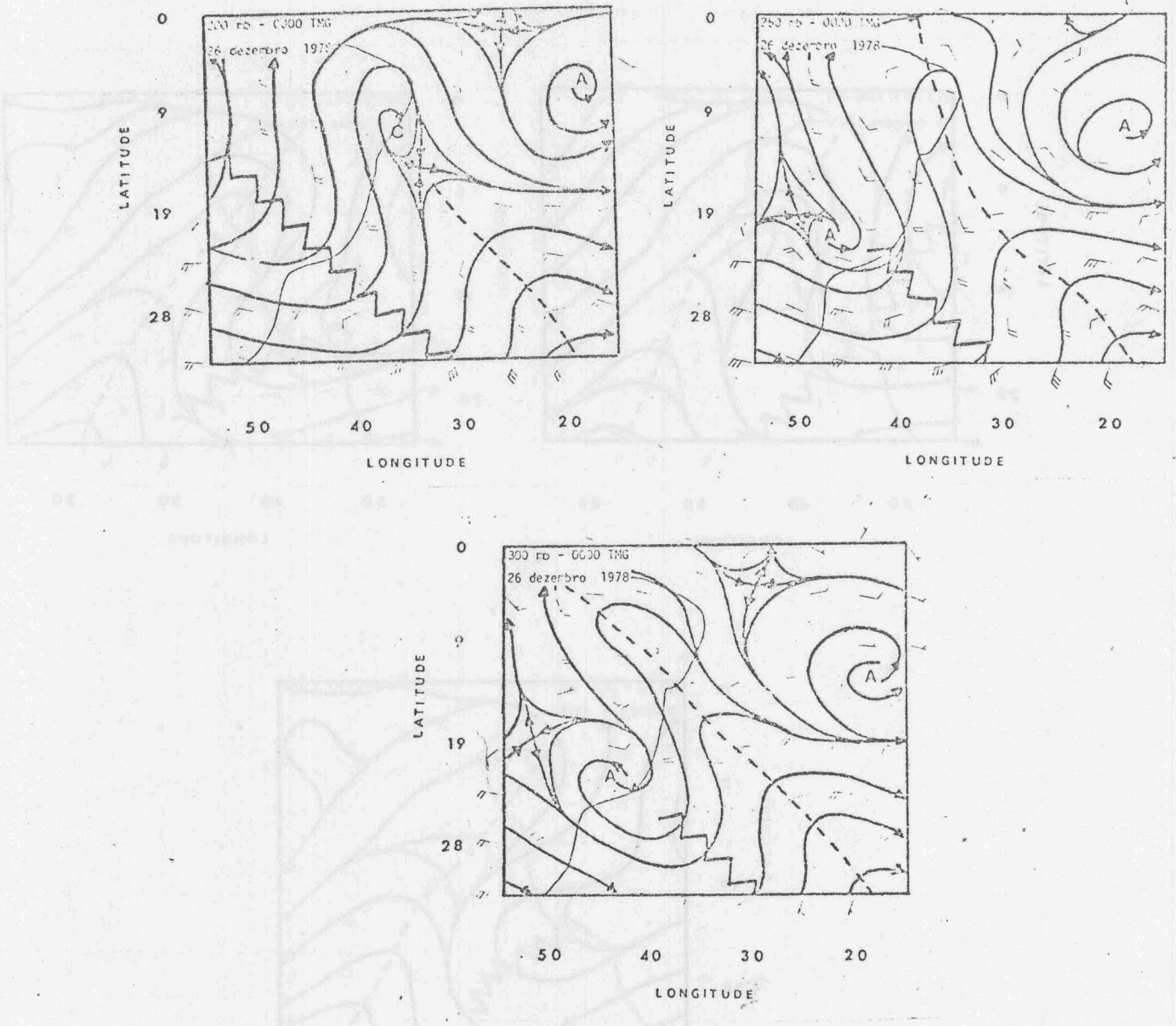


Fig. 7 - Posições de formação (LETRAS MAIÚSCULAS) e posições diárias (LETRAS MI
NÚSCULAS) assumidas pelas baixas frias no decorrer de sua vida, para o
mês de março nos anos de 1975 a 1981.



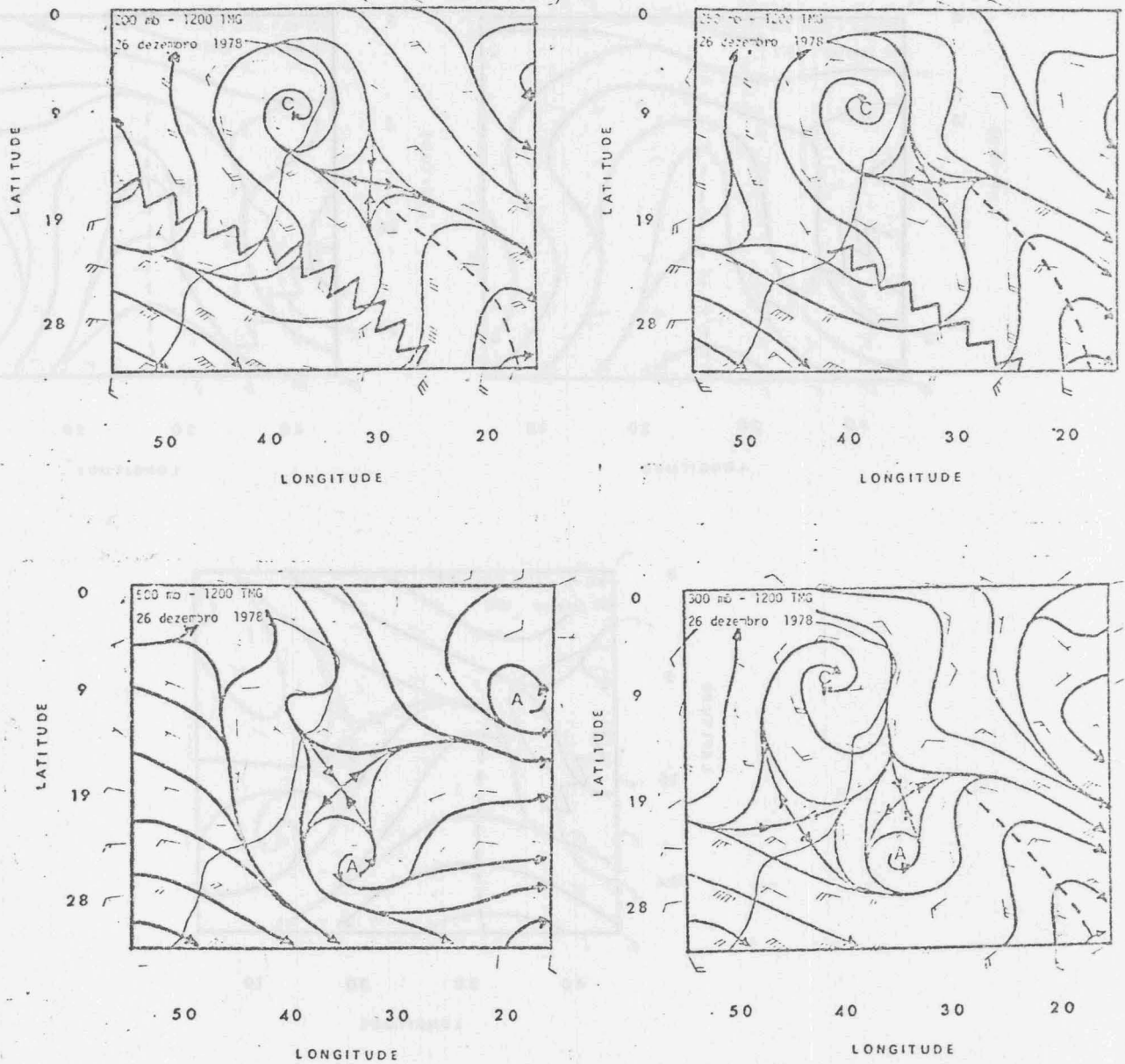
a) 25 de dezembro de 1978 às 1200 TPG nos níveis 200, 250 e 300 mb.

Fig. 8 - Linhas de Corrente.
(Continua)



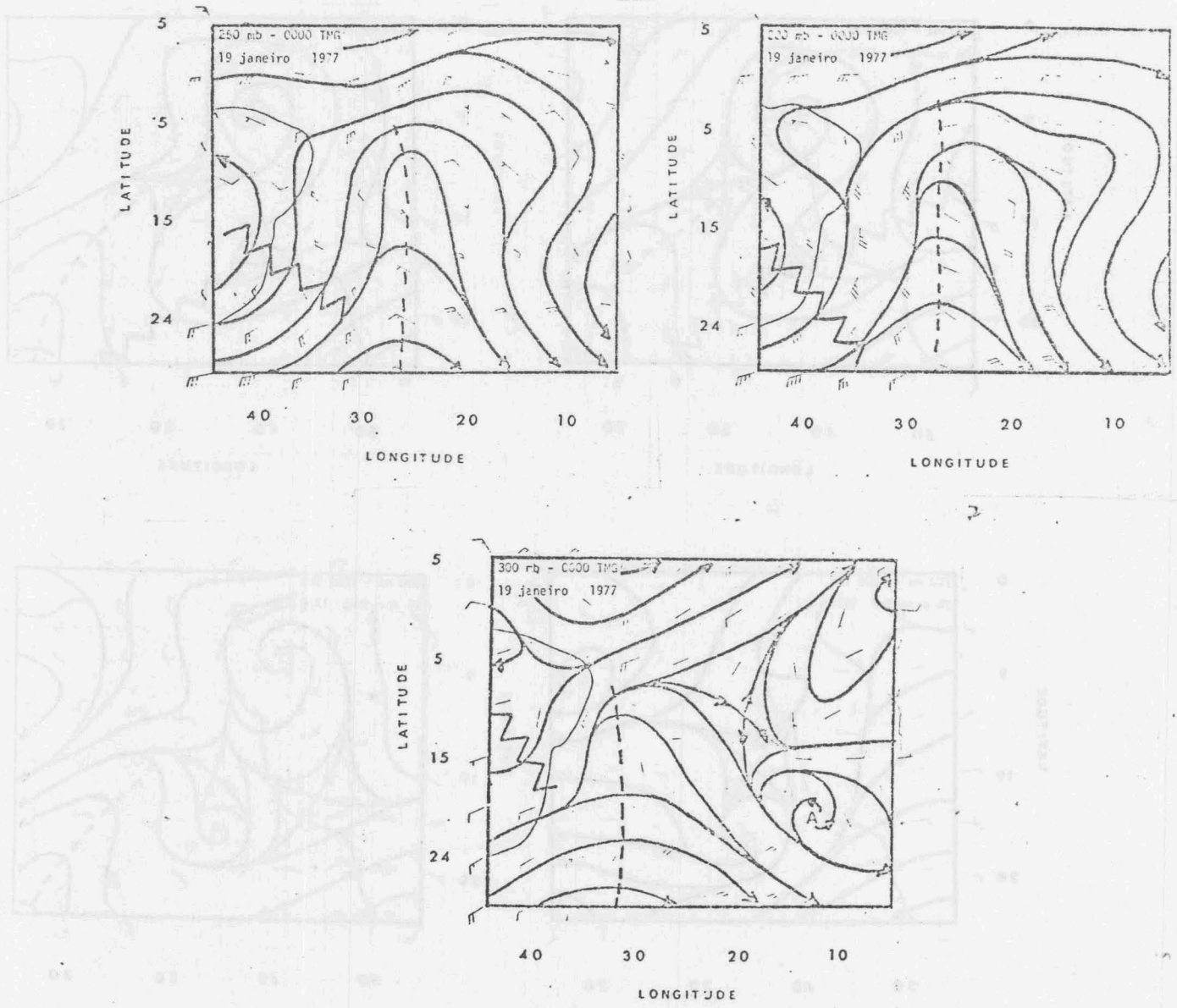
b) 26 de dezembro de 1978 às 0000 TMC nos níveis 200, 250 e 300 mb.

Fig. 8 - Continuação
(Continua)



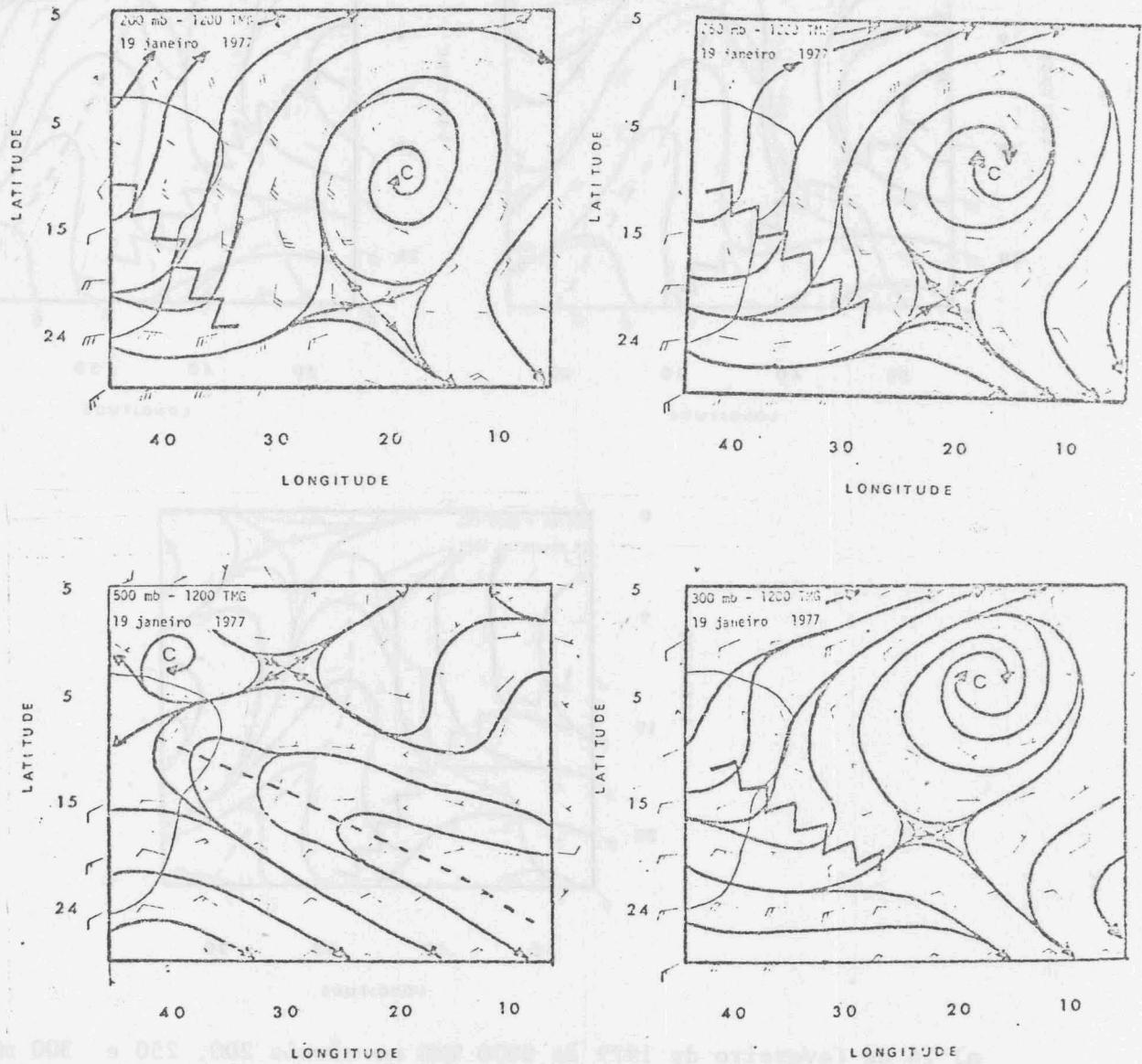
c) 26 de dezembro de 1978 às 1200 TMG nos níveis 200, 250, 300 e 500 mb.

Fig. 8 - Conclusão



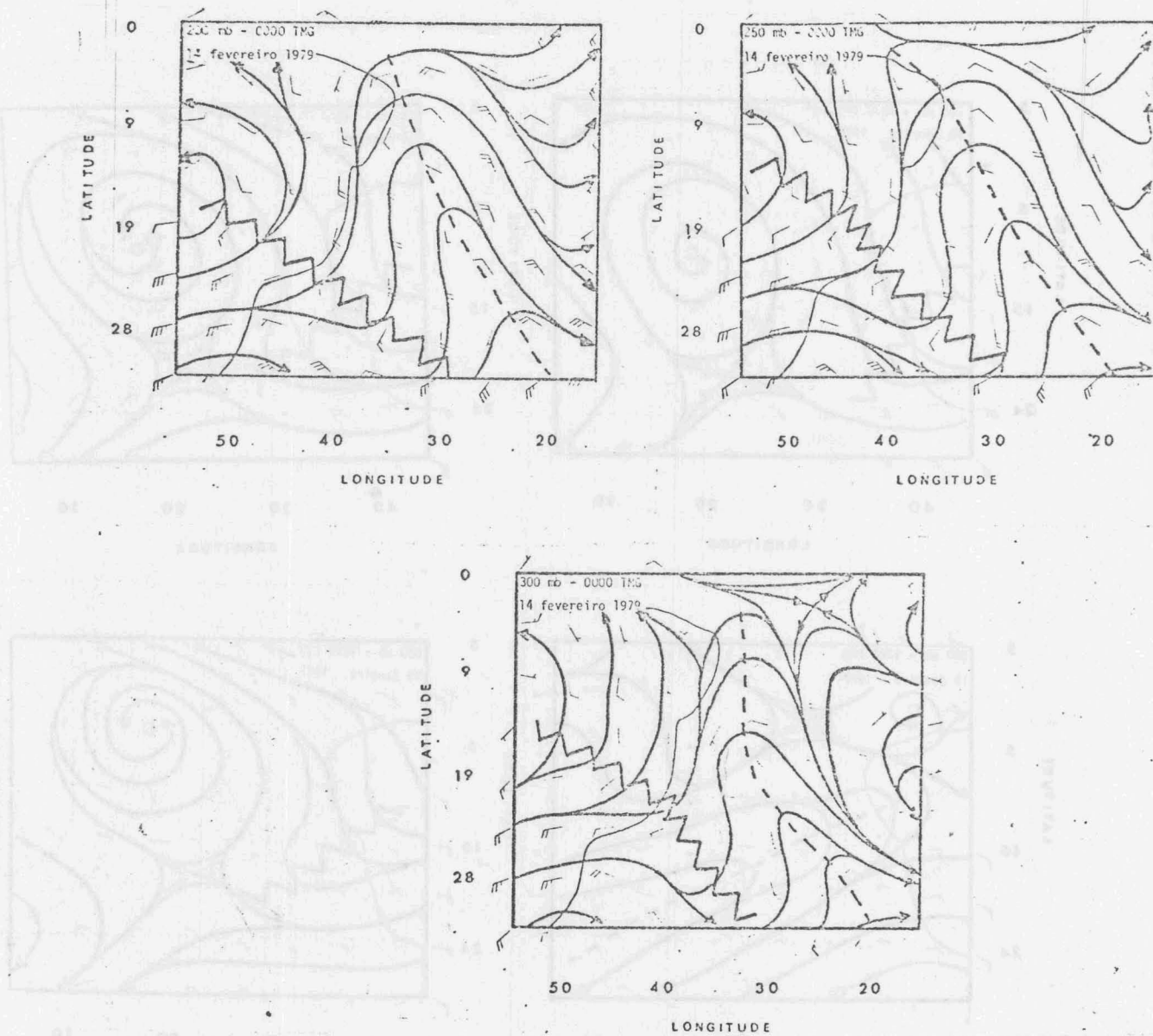
a) 19 de janeiro de 1977 às 0000 TMS nos níveis 200, 250 e 300 mb.

Fig. 9 - Linhas de Corrente
(Continua)



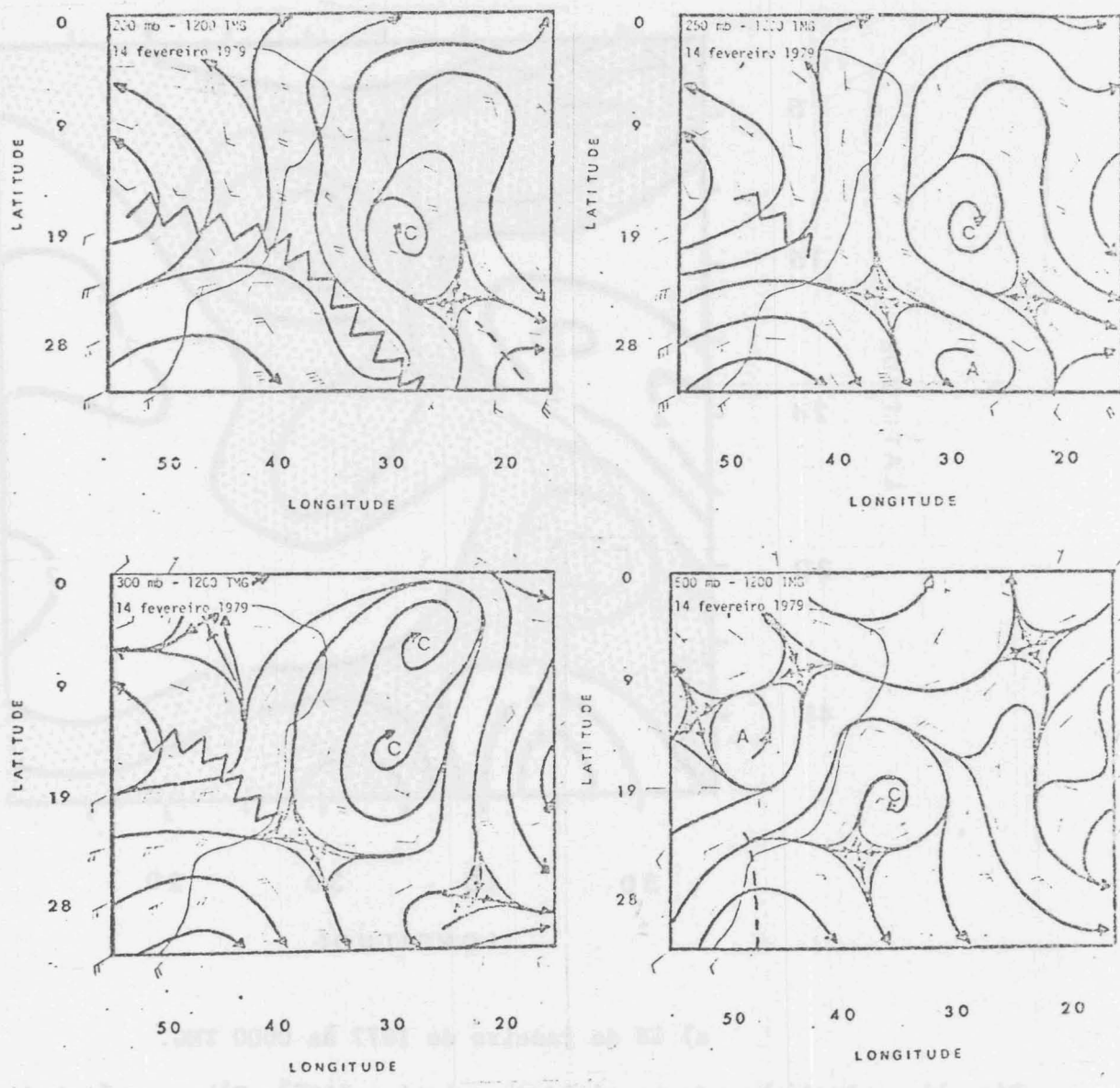
b) 19 de janeiro de 1977 às 1200 TMS nos níveis 200, 250, 300 e 500 mb.

Fig. 9 - Conclusão



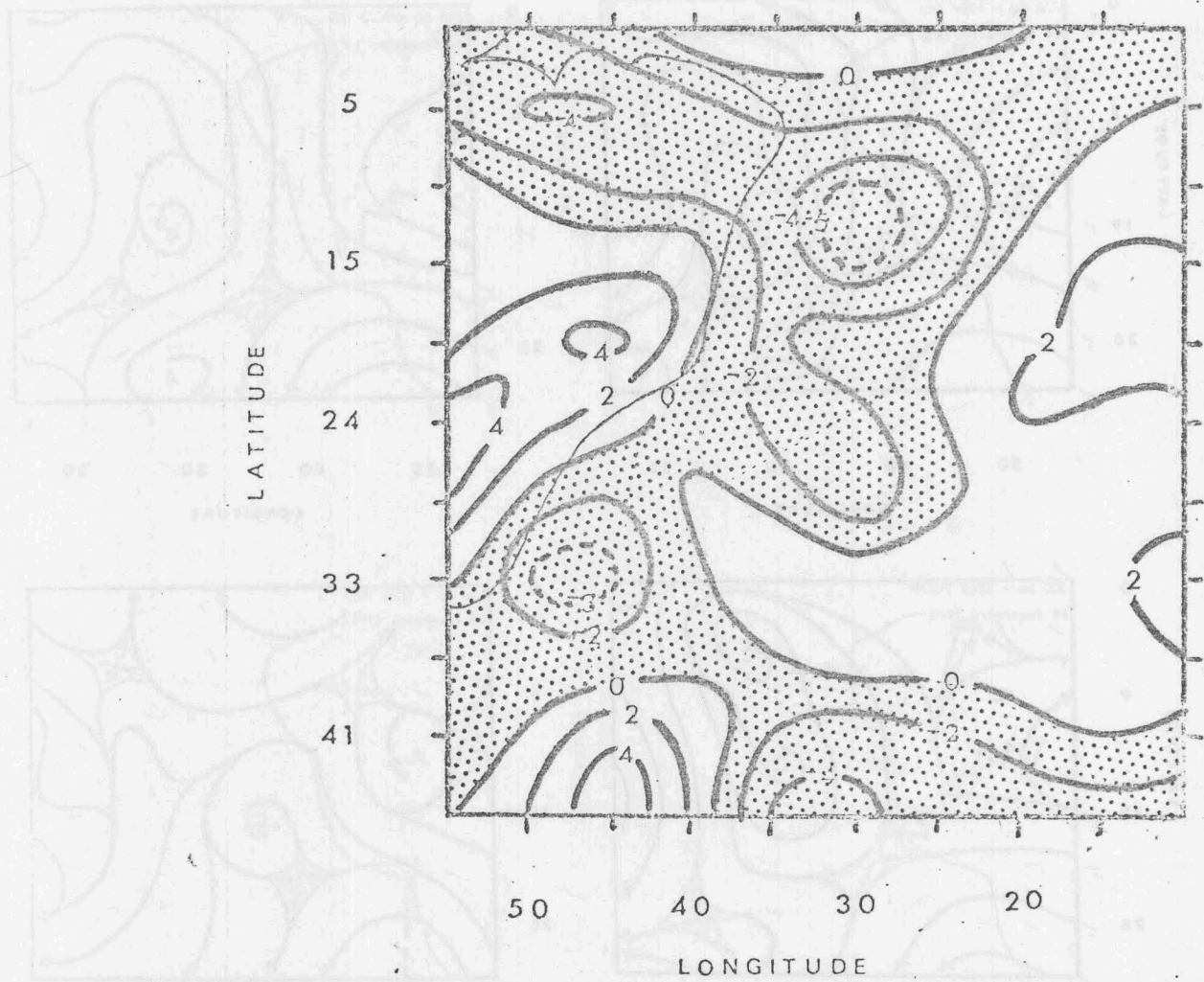
a) 14. de fevereiro de 1979 às 0000 TMS no níveis 200, 250 e 300 mb.

Fig. 10 - Linhas de Corrente.
(Continua)



b) 14 de fevereiro de 1979 às 1200 TMC nos níveis 200, 250, 300 e 500 mb.

Fig. 10 - Conclusão

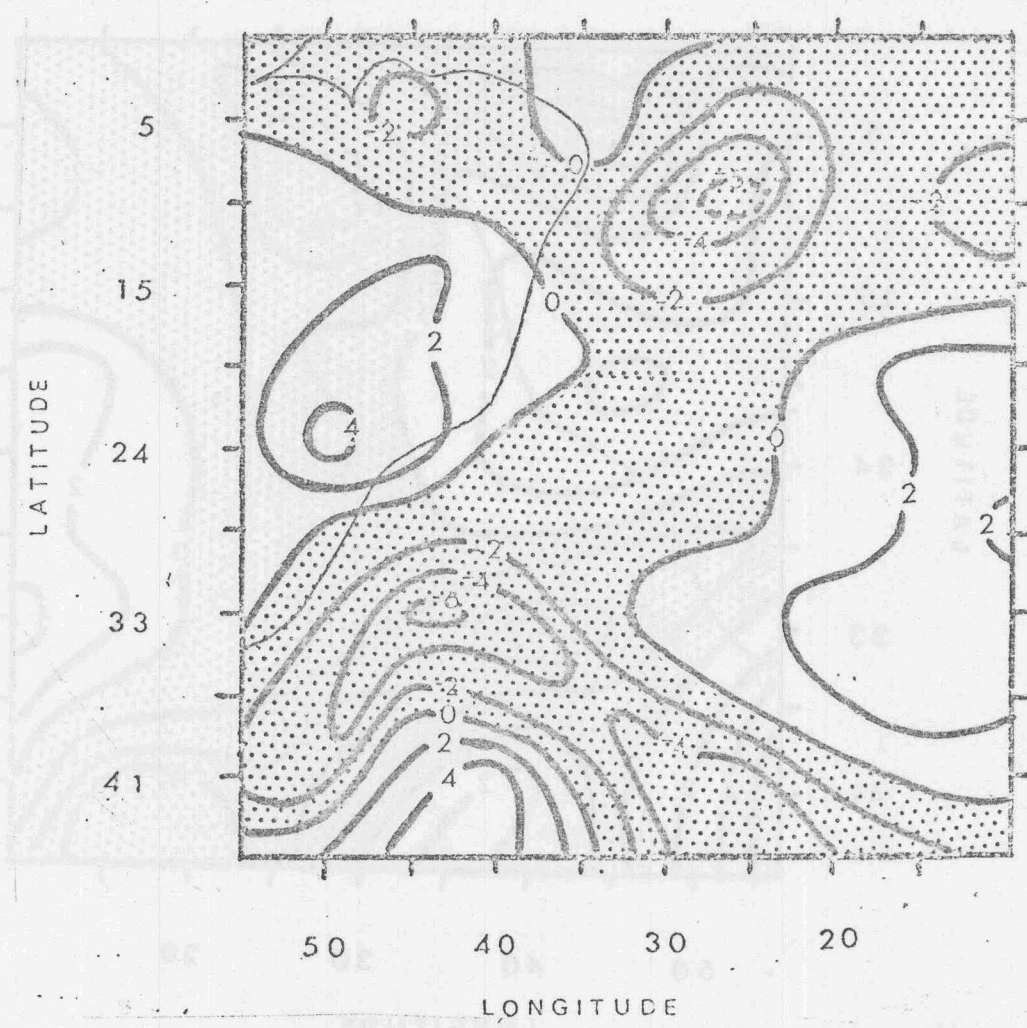


a) 18 de janeiro de 1977 às 0000 TMG.

Fig. 11 - Isolinhas de vorticidade relativa (10^{-5} s^{-1}) no nível de 200 mb.

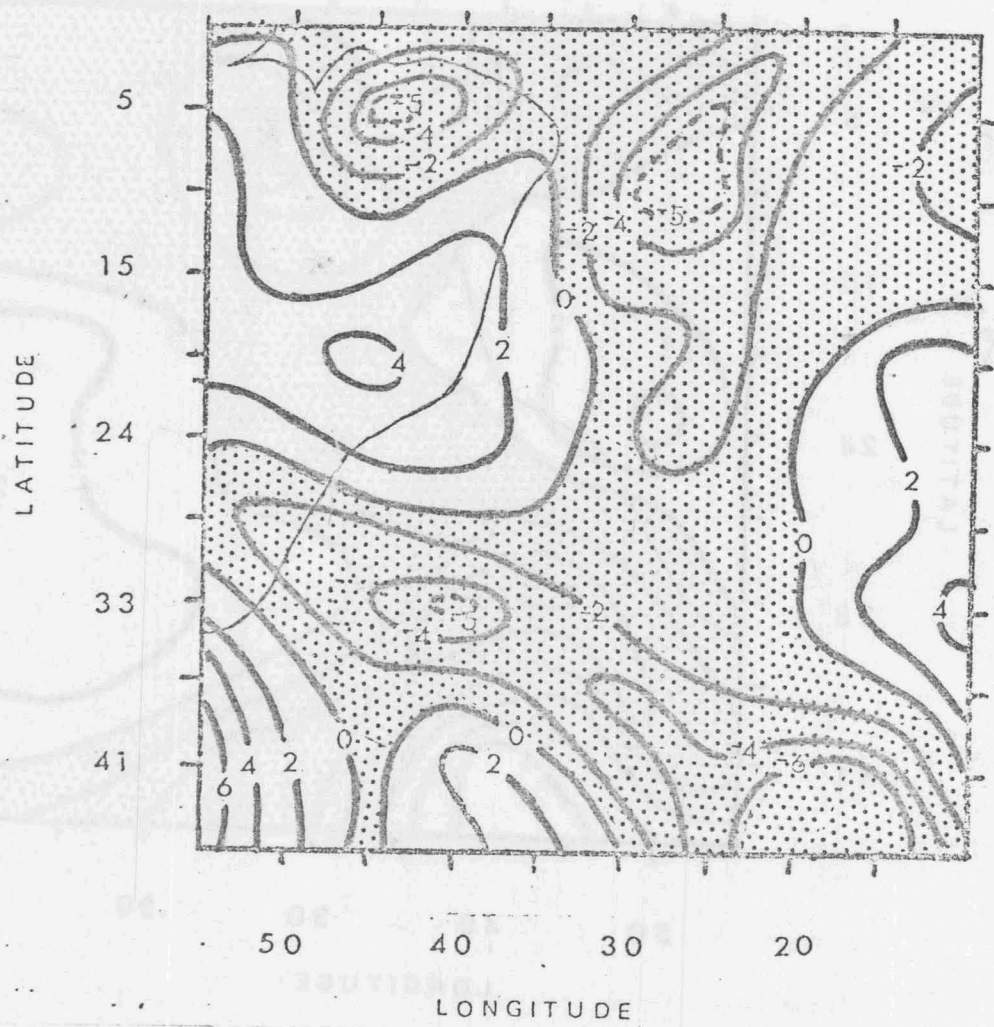
As áreas negativas estão pontilhadas.

(Continua)



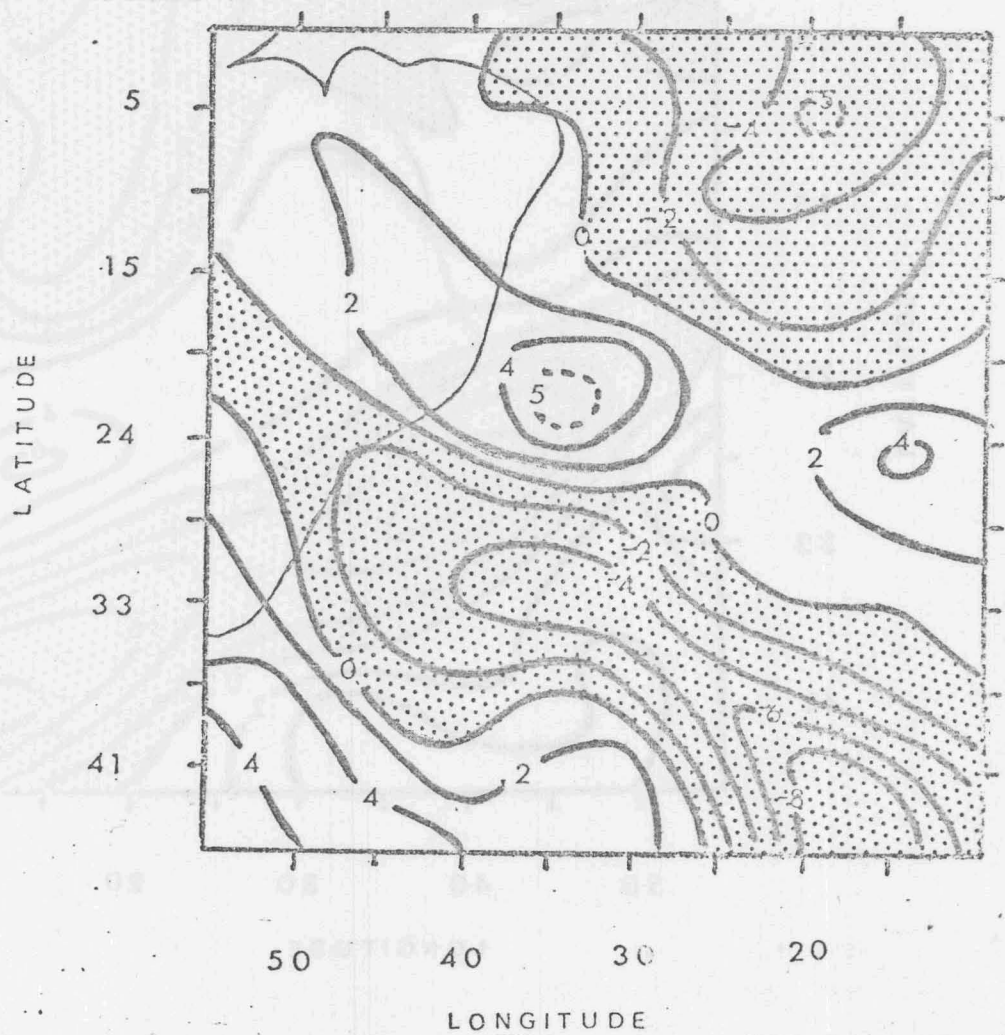
b) 18 de janeiro de 1977 às 1200 TMG.

Fig. 11 - Continuação
(Continua)



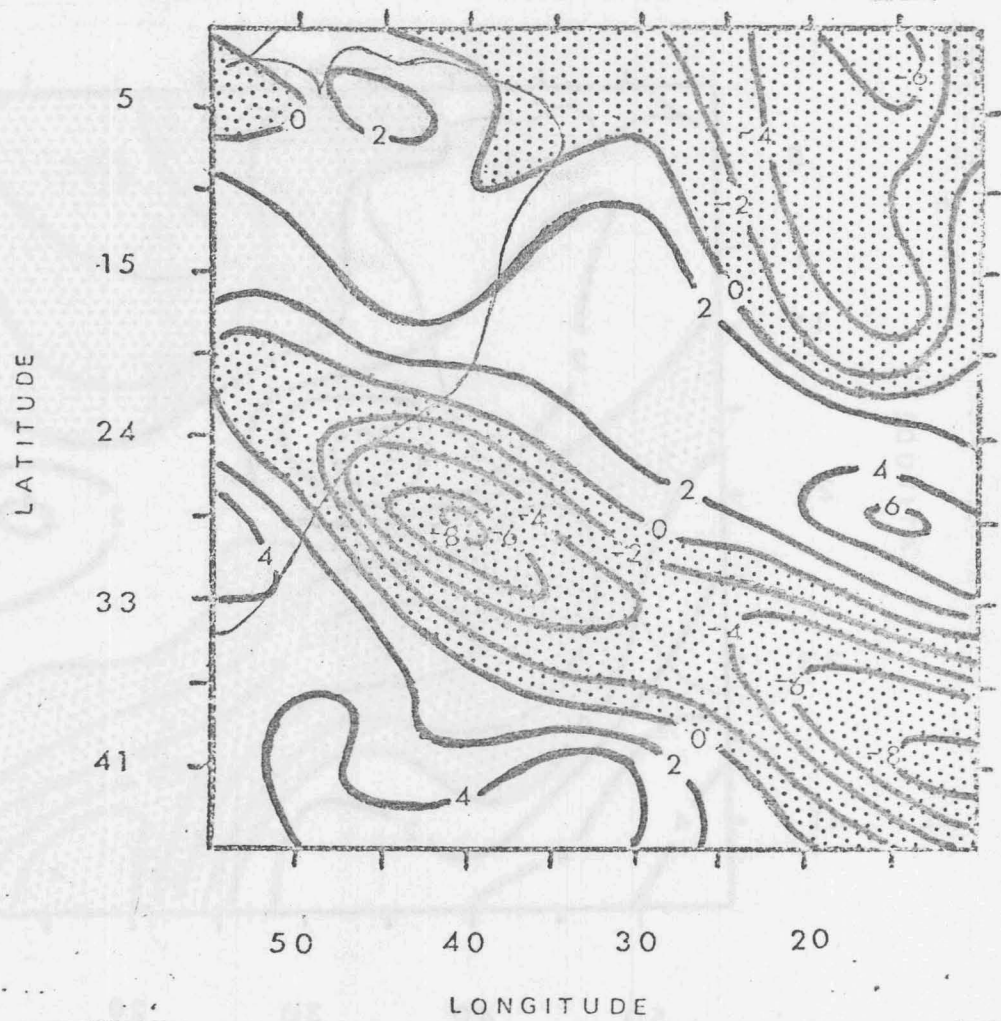
c) 19 de janeiro de 1977 às 0000 TMG.

Fig. 11 - Continuação
(Continua)



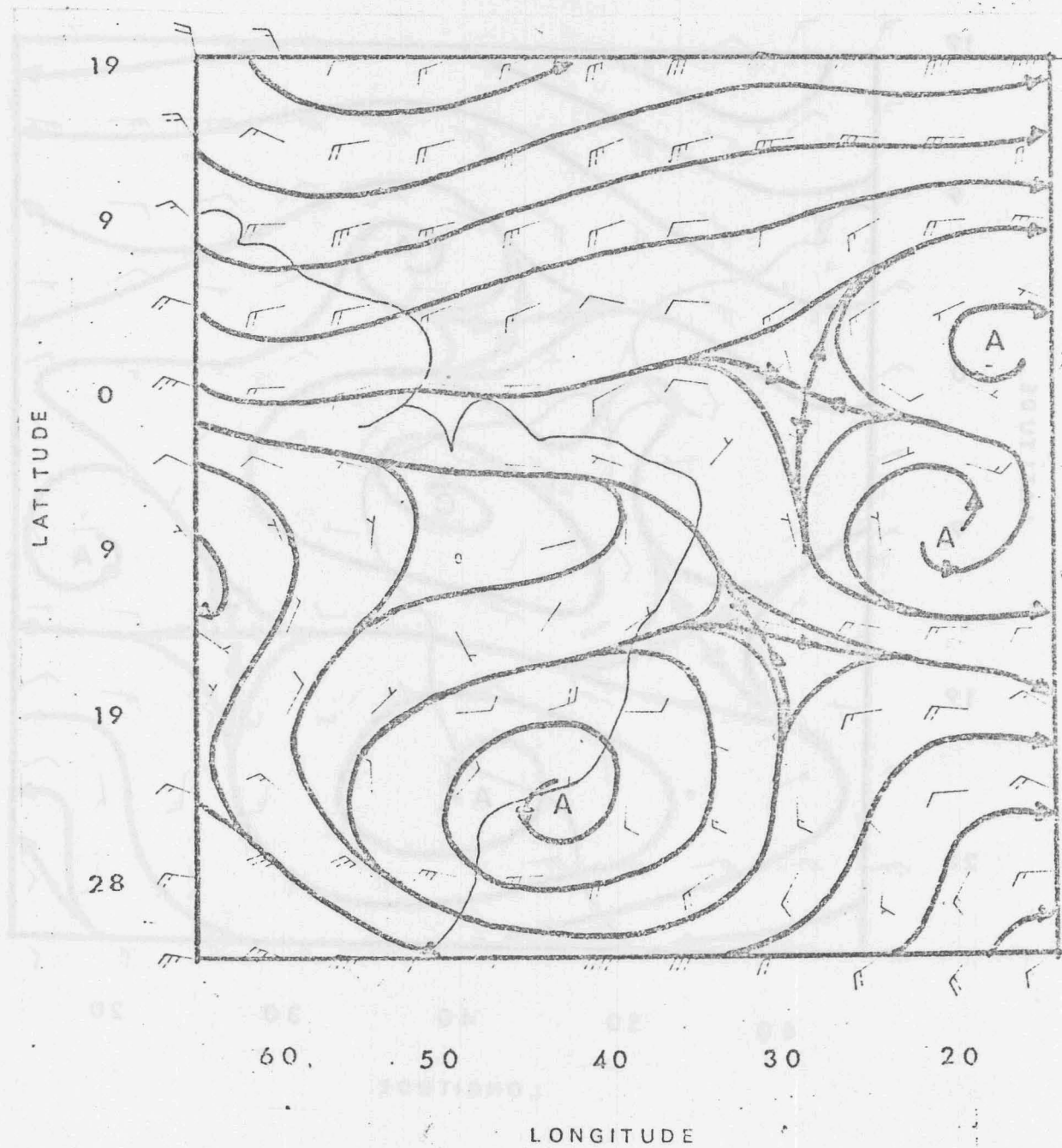
d) 19 de janeiro de 1977 às 1200 TMG.

Fig. 11 - Continuação
(Continua)



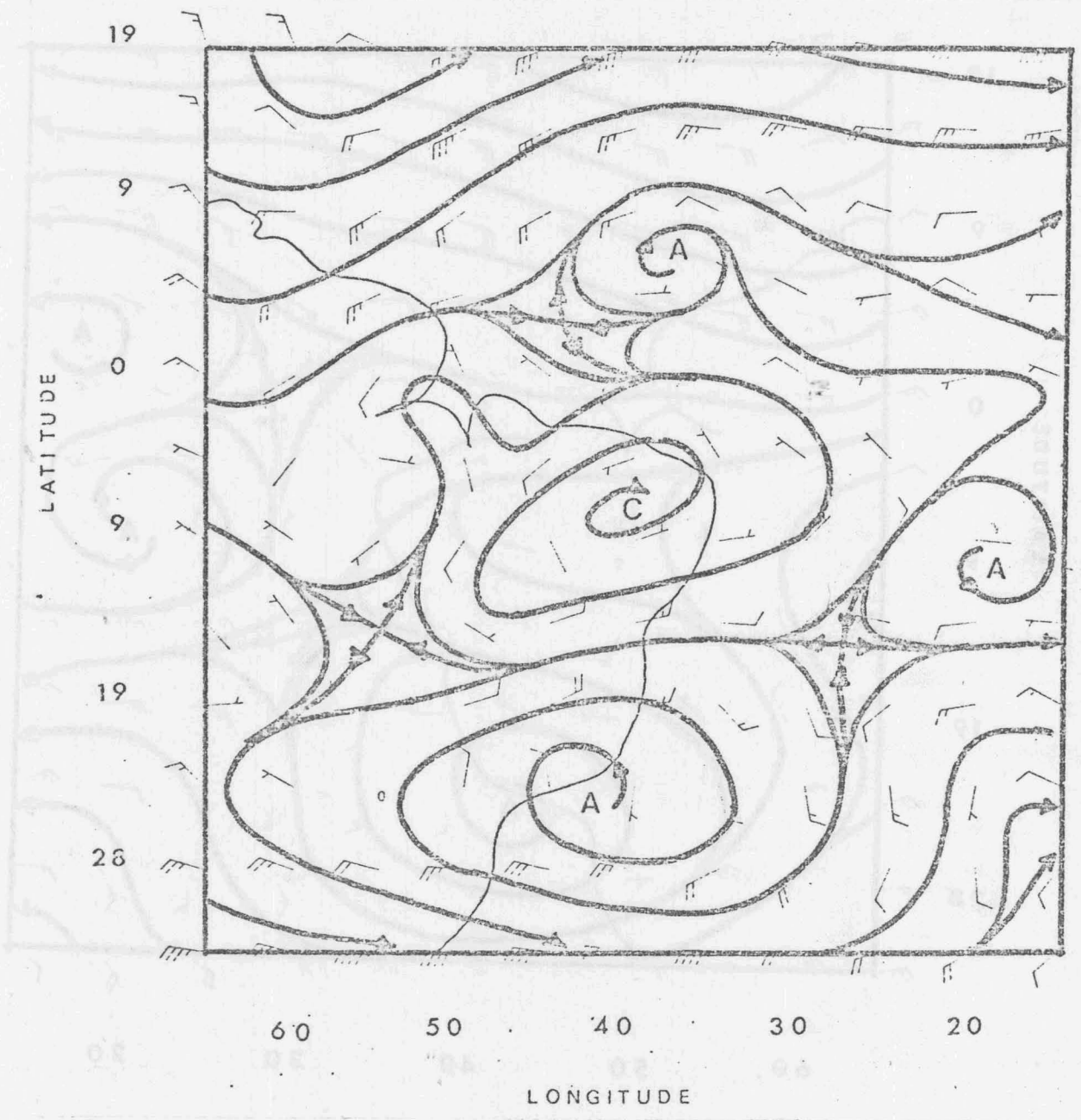
e) 20 de janeiro de 1977 às 0000 TMG.

Fig. 11 - Conclusão



a) 21 de janeiro de 1978 às 0000 TMG.

Fig. 12 - Linhas de corrente no nível de 200 mb.
(Continua)



b) 21 de janeiro de 1978 às 1200 TMG.

Fig. 12 - Conclusão