

1. Publicação nº <i>INPE-3369-PRE/644</i>	2. Versão	3. Data <i>Dez., 1984</i>	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem <i>DME/DPM</i>	Programa <i>TECLIM</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>ANÁLISE OBJETIVA</i> <i>ANÁLISE METEOROLÓGICA</i>			
7. C.D.U.: <i>551.511.61</i>			
8. Título  <i>ADAPTAÇÃO DE UM MÉTODO DE ANÁLISE OBJETIVA PARA SITUAÇÕES DE ESCALA SINÓTICA</i>		10. Páginas: <i>9</i>	
		11. Última página: <i>8</i>	
		12. Revisada por  <i>Julio Buchmann</i> <i>Julio Buchmann</i>	
9. Autoria <i>Marco Antonio Maringolo Lemes</i> <i>Yoshihiro Yamazaki</i> <i>Sergio Henrique Franchito</i>		13. Autorizada por  <i>Parada</i> <i>Nelson de Jesus Parada</i> <i>Diretor Geral</i>	
Assinatura responsável <i>M. Maringolo Lemes</i>			
14. Resumo/Notas  <p><i>Apresenta-se um método de análise objetiva, recentemente implantado no Centro de Modelagem Numérica (CEMA) do Departamento de Meteorologia do INPE/CNPq. Trata-se de um método de ajuste de mínimos quadrados usando polinômios de primeira ordem, onde as observações são ponderadas por uma função decrescente da distância entre o ponto de grade em questão e as observações. Estes pesos são anisotrópicos no sentido de favorecer mais as observações ao longo ("upstream" e "downstream") do escoamento. O programa fonte, elaborado em linguagem FORTRAN IV, versão 2.1 da CDC, é uma adaptação do programa de MANCUSO e ENDLICH (4), desenvolvido originalmente no Stanford Research Institute para o tratamento de informações de ventos, medidos por aviões. Experimentos numéricos com dados reais ilustram a importância de haver uma adequada cobertura observacional para a elaboração de campos de entrada em modelos numéricos de previsão.</i></p>			
15. Observações <i>Trabalho a ser apresentado no III Congresso Brasileiro de Meteorologia, a ser realizado em Belo Horizonte - MG, de 3 a 7 de dezembro de 1984.</i>			

FORMULÁRIO PARA DATILOGRAFIA DE TRABALHO TÉCNICO

ADAPTAÇÃO DE UM MÉTODO DE ANÁLISE OBJETIVA  
PARA SITUAÇÕES DE ESCALA SINÓTICA

Marco Antonio Maringolo Lemes  
Yoshihiro Yamazaki  
Sergio Henrique Franchito

RESUMO

Apresenta-se um método de análise objetiva, recentemente implantado no Centro de Modelagem Numérica (CEMA) do Departamento de Meteorologia do INPE/CNPq. Trata-se de um método de ajuste de mínimos quadrados usando polinômios de primeira ordem, onde as observações são ponderadas por uma função decrescente da distância entre o ponto de grade em questão e as observações. Estes pesos são anisotrópicos no sentido de favorecer mais as observações ao longo ("upstream" e "downstream") do escoamento. O programa fonte, elaborado em linguagem FORTRAN IV, versão 2.1 da CDC, é uma adaptação do programa de MANCUSO e ENDLICH (4), desenvolvido originalmente no Stanford Research Institute para o tratamento de informações de ventos, medidos por aviões. Experimentos numéricos com dados reais ilustram a importância de haver uma adequada cobertura observacional para a elaboração de campos de entrada em modelos numéricos de previsão.

1. INTRODUÇÃO

Um esquema completo de previsão numérica foi implantado no Centro de Modelagem Atmosférica (CEMA) do Departamento de Meteorologia do INPE/CNPq, o qual é servido pelo sistema computacional CYBER-170/750, do Instituto de Estudos Avançados (IEAv) do CTA/M. Aer. O esquema é completo por ser composto de dois programas principais, um responsável pela preparação dos dados de entrada, e o outro pela elaboração da previsão propriamente dita, que emprega um modelo barotrópico de equações primitivas e área limitada desenvolvido por LEMES ET ALII (2). O esquema completo, bem como os detalhes aos usuários, pode ser encontrado em LEMES ET ALII (3).

Apresenta-se a seguir, em linhas gerais, uma descrição do esquema de Análise Objetiva (AO), ilustrado com alguns resultados obtidos em um experimento de teste com dados reais.

2. ESQUEMA DE ANÁLISE OBJETIVA

O esquema de AO, implantado no CEMA, é uma adaptação do programa desenvolvido originalmente pelo Stanford Research Institute para o tratamento de informações de ventos medidos

FORMULÁRIO PARA DATILOGRAFIA DE TRABALHO TÉCNICO

por aviões. Este programa fonte, elaborado em linguagem FORTRAN IV, versão 2.1 do CDC, encontra-se devidamente documentado em MANCUSO e ENDLICH (4).

As duas finalidades principais da AO são obter todos os campos de interesse em pontos de grade e, no tocante à composição espectral dos dados de entrada, ajustá-los dinamicamente de modo a exercer controle sobre os modos de alta frequência (ondas de gravidade). Para o caso do modelo barotrópico, requerem-se somente dados de vento de um único nível da atmosfera (geralmente 500 mb).

O esquema de AO determina valores de vento em pontos de grade de uma área de previsão pré-selecionada, usando o método de mínimos quadrados no ajustamento de superfícies polinomiais de primeira ordem. As observações são ponderadas por um fator inversamente proporcional à distância entre o ponto de grade analisado e as localidades das observações usadas no processo de interpolação. Uma certa anisotropia é introduzida ao se dar maior peso às informações na direção (em ambos os sentidos) do escoamento. Existem opções de incorporar, usando pesos convenientes, informações de outros horários e de outros níveis, que não os da análise. Outros procedimentos de obtenção dos dados de entrada são também disponíveis através de parâmetros de controle.

Em sua atual configuração, o esquema inclui uma iniciação do tipo estático, onde o campo de geopotencial,  $\phi$ , é obtido resolvendo a equação não-linear de balanço. Juntamente com o campo interpolado de ventos, este campo de altura geopotencial constituirá o dado de entrada para o modelo barotrópico de previsão. O método de resolução da equação de balanço é brevemente descrito a seguir.

O campo de vorticidade relativa,  $\zeta$ , é computado usando os valores das componentes  $u$  e  $v$ , nos pontos de grade. Logo após, um campo de vento  $V$ , com divergência nula, porém com a mesma vorticidade calculada, é obtido através de um método desenvolvido por ENDLICH (1). Este, ao contrário de resolver a equação de Poisson:

$$\nabla^2 \psi = \zeta \quad (1)$$

(onde  $\nabla^2 = \partial^2/\partial x^2 + \partial^2/\partial y^2$  e  $\psi$  é a função de corrente) consiste em, através de varreduras sucessivas, mudar o campo original de vento de modo a transformá-lo em outro que apresente os valores especificados de divergência e vorticidade. Evita-se assim a dificuldade prática de especificar valores de  $\psi$  ao longo das fronteiras da área de integração.

Calcula-se, em uma próxima etapa, usando o campo de vento não-divergente, o lado direito da equação de balanço, a saber:

$$\nabla^2 \phi = f \zeta + \hat{k} \times \nabla f \cdot V_\psi - \nabla \cdot (V_\psi \cdot \nabla V_\psi), \quad (2)$$

onde  $f$  é o parâmetro de Coriolis e  $\hat{k}$  o vetor vertical. O vento geostrófico é então obtido, similarmente, através de modificações sucessivas no campo  $V$ , forçando-o a ter uma vorticidade geostrófica,  $\zeta_g$ , dada  $\psi$  por:

FORMULÁRIO PARA DATILOGRAFIA DE TRABALHO TÉCNICO

$$\zeta_g = \frac{1}{\zeta} \nabla^2 \phi \quad (3)$$

e divergência nula (a divergência do vento geostrófico devido à convergência dos meridianos é desprezada). Finalmente, o campo de geopotencial é calculado resolvendo a Equação 3 usando o método iterativo de direções alternadas do tipo Gauss-Seidel, RICHTMYER e MORTON (5). A função de corrente é obtida de maneira idêntica resolvendo a Equação 1.

### 3. RESULTADOS

São apresentados os resultados obtidos com um conjunto de dados reais, porém pré-processados. Um campo de vento, para o nível de 500 mb, de 23 de junho de 1980, às 12:00 TMG, preparado pelo National Meteorological Center (NMC) - USA, foi usado para simular uma distribuição idealizada de estações. As observações estão espaçadas uniformemente de 5 em 5° na projeção Mercator e são interpoladas para uma grade esférica de 25° x 25°. As Figuras 1 e 2 mostram, respectivamente, os campos de vento original e interpolado usando o esquema de AO. Os campos de função de corrente (juntamente com o vento  $V$ ) e o de altura geopotencial (com o vento geostrófico  $V_g$ ) são mostrados, respectivamente, nas Figuras 3 e 4.

### 4. COMENTÁRIOS FINAIS

O esquema de AO aqui considerado foi testado com dados reais razoavelmente bem distribuídos em espaço. Um experimento com dados reais em tempo hábil foi realizado, e como esperado os resultados deixaram muito a desejar em virtude não só do pequeno número, mas também da distribuição das estações aerológicas dentro do domínio de integração. Em grandes áreas desprovidas de informações, os esquemas de AO que fazem uso puramente do ajuste de superfície polinomiais têm um desempenho pobre; nestes casos obtêm-se resultados mais satisfatórios quando se usam os esquemas que introduzem correções em um campo preliminar (first guess) que pode ser uma combinação adequada de dados (convencionais e não-convencionais), valores climatológicos e prognósticos numéricos. A título de sugestão para futuros trabalhos menciona-se a realização de experimentos de sensibilidade quanto à distribuição de informações de entrada, espaçamento de grade e mesmo intercomparações com outros esquemas de AO.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ENDLICH, R. M. An iterative method for altering the kinematic properties of wind fields. *Journal of Applied Meteorology*, 6: 837-844, Oct. 1967.
2. LEMES, M. A. M.; SANTOS, R. P.; SATYAMURTY, P. Experimentos de previsão numérica de tempo com um modelo barotrópico de equações primitivas usando dados teóricos. São José

FORMULÁRIO PARA DATILOGRAFIA DE TRABALHO TÉCNICO

dos Campos, INPE, ago, 1978.

3. LEMES, M. A. M.; YAMAZAKI, Y.; FRANCHITO, S. H.; SANTOS, R. P.; PEREIRA, C. S. Um esquema operacional de previsão numérica de tempo. São José dos Campos, INPE, set. 1983 (INPE-2887-RTP/040).
4. MANCUSO, R. L.; ENDLICH, R. M. Wind editing and analysis program-spherical grid (WEAP-IA). California, Stanford Research Institute, Ca, Feb, 1973.
5. RICHTMYER, R. D.; MORTON, K. W. Difference methods for initial-value problems. New York, Interscience, 1967. 404 pp.

FORMULÁRIO PARA DATILOGRAFIA DE TRABALHO TÉCNICO

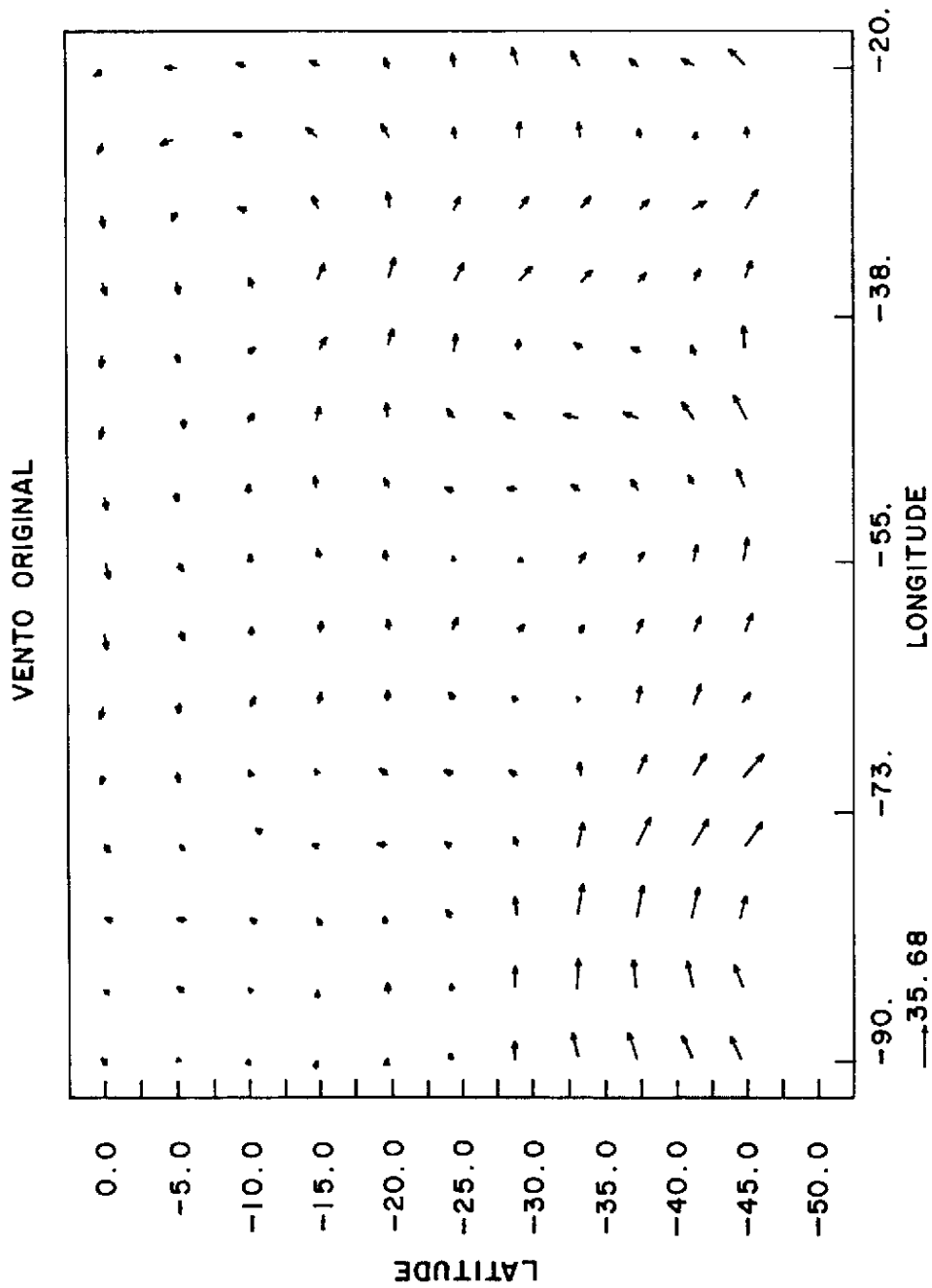


Fig. 1 - Campo de ventos observados para o nível de 500 mb, de 23 de junho, às 12:00 TMG.

FORMULÁRIO PARA DATILOGRAFIA DE TRABALHO TÉCNICO

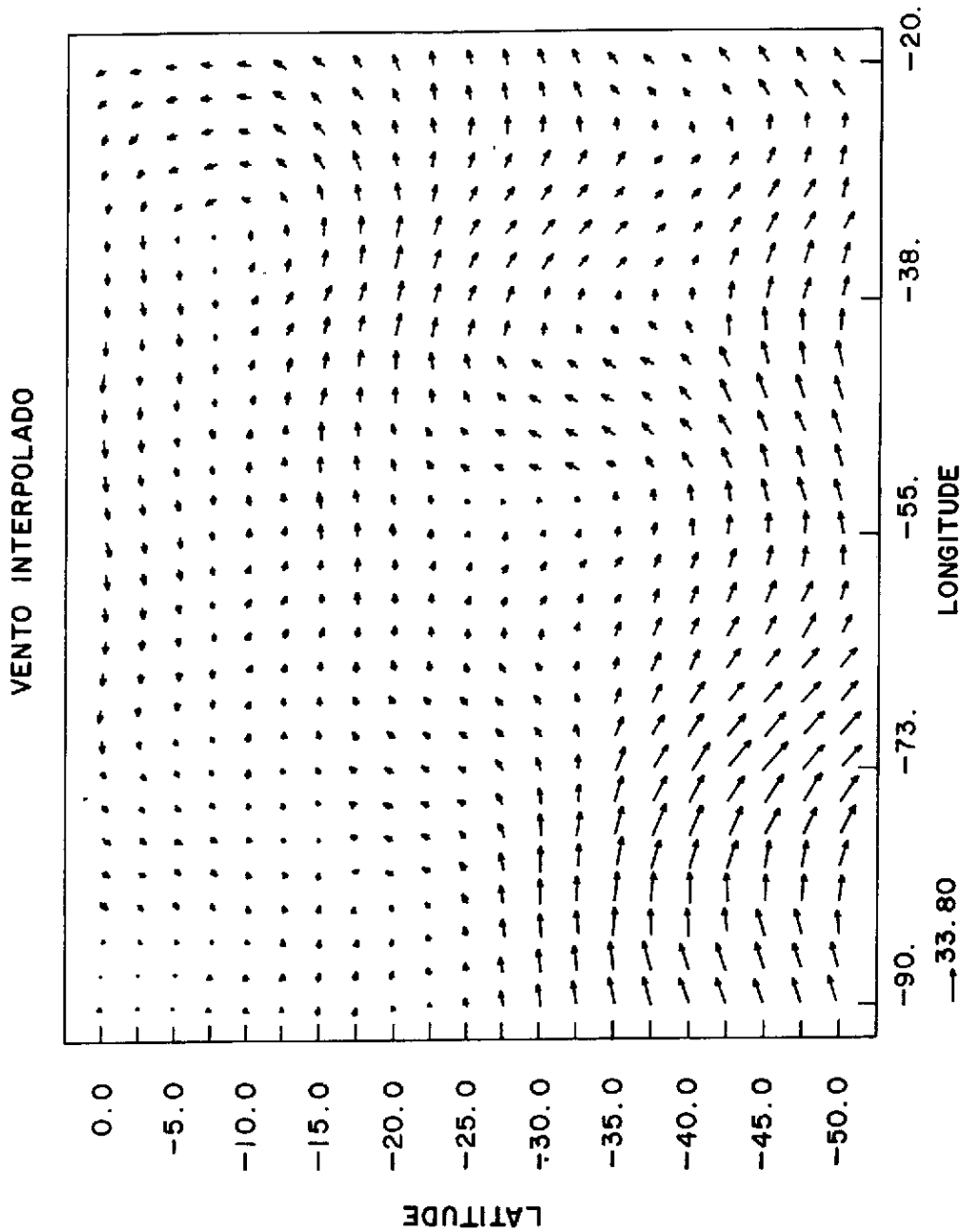


Fig. 2 - Campo interpolado pelo programa ANÁLISE, para o nível de 500 mb, de 23 de junho, às 23:00 TMG.

VENTO N. DIVERC. E FUNC. CORRENTE

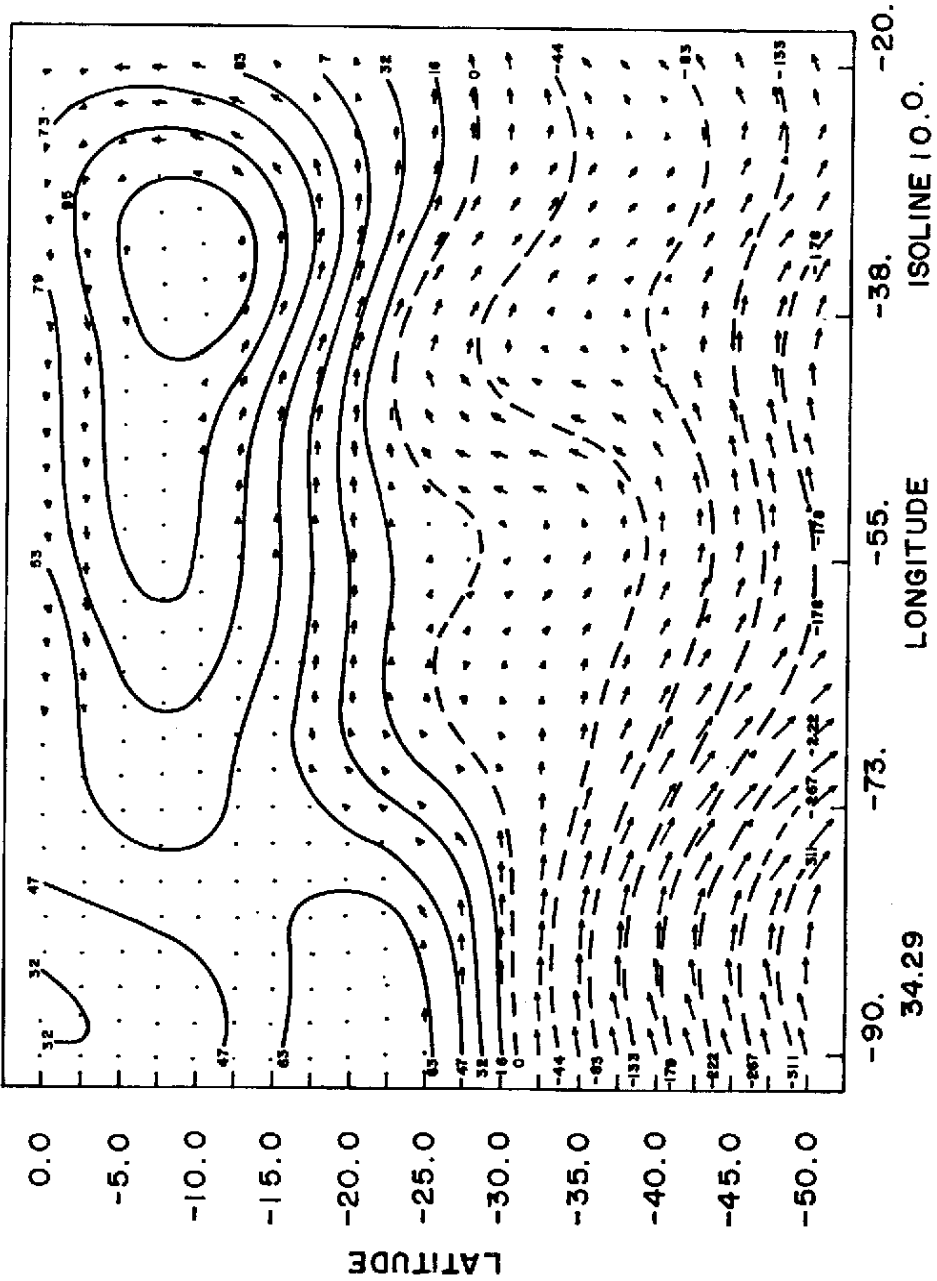


Fig. 3 - Campos de funções de corrente e vento não-divergente associado para o nível de 500 mb, de 23 de junho, às 12:00 TMG.



FORMULÁRIO PARA DATILOGRAFIA DE TRABALHO TÉCNICO

VENTO GEOSTRÓFICO E GEOPOTENCIAL

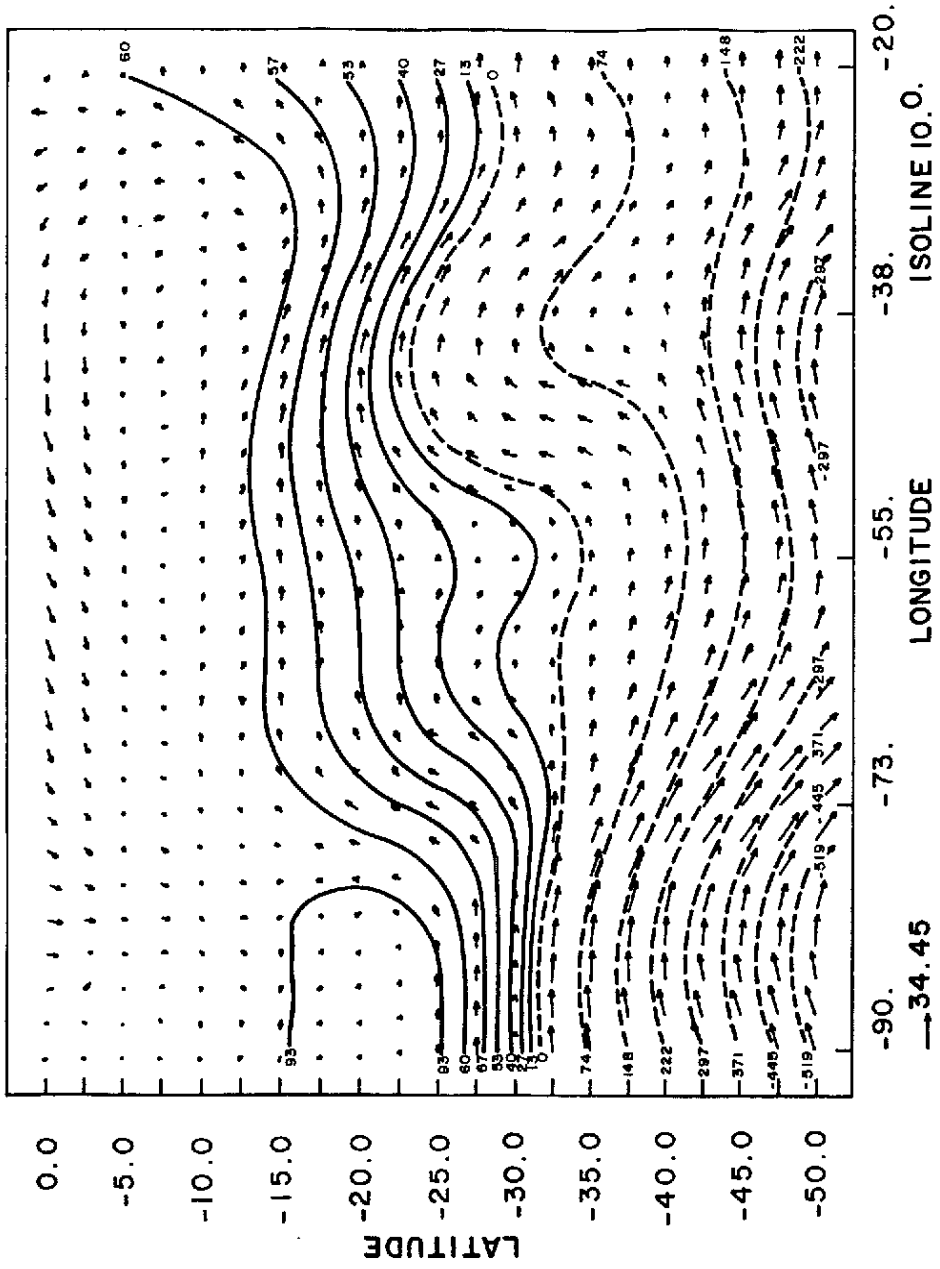


Fig. 4 - Campos de altura geopotencial e vento geostrófico associado, para o nível de 500 mb, de 23 de junho, às 12:00 TMG.