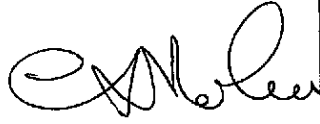

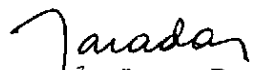


1. Publicação nº <i>INPE-3377-PRE/652</i>	2. Versão	3. Data <i>Dez., 1984</i>	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem Programa <i>DME TECLIN</i>			
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>SECAS NO NORDESTE INTERAÇÃO ATMOSFERA-OCEANO</i> <i>TELECONEXÕES ATMOSFÉRICAS ANOMALIAS DE TSM</i>			
7. C.D.U.: <i>551.577.38:551.526.6(812/814)</i>			
8. Título <i>INPE-3377-PRE/652</i>  <i>INTER-RELAÇÕES ENTRE ANOMALIAS TÉRMICAS SUPERFICIAIS EM OCEANOS TROPICAIS E A CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA DE LARGA ESCALA</i>		10. Páginas: <i>21</i>	
		11. Última página: <i>20</i>	
9. Autoria <i>Paulo Nobre</i>		12. Revisada por  <i>Carlos A. Nobre</i>	
Assinatura responsável 		13. Autorizada por  <i>Nelson de Jesus Parada</i> Diretor General	
14. Resumo/Notas  <i>É feita uma análise do campo do desvio mensal da vorticidade relativa (<math>\zeta'</math>) em escala global e do desvio da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Atlântico Tropical, em anos nos quais houve anomalias de precipitação sobre o Nordeste Brasileiro no período de 1963 a 1980. Foram observados padrões de onda de escala planetária no campo de <math>\zeta'</math> similares aos mencionados em trabalhos teóricos e observacionais. Dentre os aspectos de maior interesse, está a coerência temporal da fase do padrão encontrado sobre o Hemisfério Norte e o regime pluviométrico sobre o Nordeste. Tal coerência de fase, em adição à ocorrência de anomalias de TSM no Atlântico Tropical (com águas mais quentes ao norte e mais frias ao sul do equador em anos de seca, e o inverso em anos de alta pluviosidade), parece indicar que estes fenômenos interagem positivamente entre si. Além disso, o estabelecimento do padrão de onda ANLA com antecedência média de um a três meses em relação ao estabelecimento da configuração de dipolo no Atlântico Tropical pode ser um indicador de que as anomalias térmicas superficiais no Atlântico Tropical estejam sendo de alguma forma forçadas a partir de anomalias no campo de vento.</i>			
15. Observações <i>Este trabalho foi apresentado no II Simpósio Brasileiro sobre Recursos do Mar, de 15 a 21 de outubro de 1984, no Rio de Janeiro, RJ.</i>			

INTER-RELAÇÕES ENTRE ANOMALIAS TÉRMICAS SUPERFICIAIS  
EM OCEANOS TROPICAIS E A CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA DE LARGA ESCALA

Paulo Nobre

Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE  
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq  
Caixa Postal 515 - 12200 - São José dos Campos, SP - Brasil

## 1. INTRODUÇÃO

O entendimento das inter-relações entre o oceano e a atmosfera representa atualmente uma das mais desafiadoras questões impostas à comunidade meteorológica e oceanográfica mundial. Tanto meteorologistas como oceanógrafos sabem da importância deste conhecimento para o entendimento de fenômenos físicos ainda não totalmente explicados, como por exemplo a variabilidade interanual da precipitação nos trópicos ou o aquecimento superficial anômalo do Pacífico Leste Central em certos anos, conhecido como El Niño/Oscilação Sul.

Markhan e McLain (1977), Hastenrath e Heller (1977) e Moura e Shukla (1981) apontaram evidências das inter-relações entre anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM) no Atlântico Tropical e o regime de precipitação sobre o Nordeste do Brasil (Nordeste). Wallace e Gutzler (1981) mostraram a existência de um padrão de onda de escala planetária no campo de anomalias de geopotencial em 500 mb entre o Pacífico Central e a costa leste da América do Norte (PNA), em anos de ocorrência de El Niño.

Neste estudo, que focaliza o problema da seca no Nordeste e suas possíveis causas, depara-se novamente com a notória ligação entre sistemas oceânicos e atmosféricos.

## 2. OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho são:

- a) Analisar padrões anômalos de escoamento global no campo de desvios do vento e vorticidade relativa ( $\zeta'$ ) para anos de seca ou alta pluviosidade no Nordeste.
- b) Analisar configurações de anomalias de TSM para o Atlântico Tropical, com o intuito de estabelecer possíveis relações entre o campo do vento e desvios de TSM à luz da teoria existente.
- c) Estabelecer possíveis conexões entre padrões anômalos característicos no escoamento global, anomalias de TSM no Atlântico Tropical e variabilidade interanual da precipitação sobre o Nordeste.

### 3. DADOS E METODOLOGIA

Os dados utilizados foram:

- a) As componentes zonal e meridional do vento (média mensal) em pontos de grade provenientes do National Meteorological Center (NMC), EUA, em projeção estereográfica polar para o Hemisfério Norte e em projeção Mercator para os Trópicos, no período de 1964 a 1980.
- b) Os desvios de TSM (dados convencionais) no Atlântico Tropical para o período de dezembro de 1963 a dezembro de 1972 (Bunker, 1976) e janeiro de 1964 a dezembro de 1979 (Servain et alii, 1984).
- c) Os diagramas de precipitação anual sobre o Nordeste que tiveram como fonte Brito (1984) e Hastenrath et alii (1984).

Neste trabalho optou-se por fazer análises globais nos campos do desvio da vorticidade relativa, do vento horizontal e da TSM para médias mensais. Foram analisados os meses de outubro a maio dos anos de fortes anomalias pluviométricas no Nordeste (anos de seca: 1969/70, 1971/72, 1975/76 e 1979/80; anos de alta pluviosidade: 1963/64, 1972/73 e 1973/74 (Hastenrath et alii, 1984)).

#### 4. RESULTADOS

Das análises dos campos de desvios do vento horizontal no Hemisfério Norte e TSM no Atlântico Tropical, em anos de seca ou alta pluviosidade sobre o Nordeste, observa-se:

- 1) A existência de um padrão de onda de escala planetária sobre o Hemisfério Norte (principalmente em dezembro e janeiro) entre o Atlântico Norte e Leste da Ásia (ANLA) e de outro padrão entre o Pacífico Central e Leste da América do Norte (PCLE) (Figura 1).
- 2) A mudança de fase ( $\pi$  radianos) do padrão ANLA entre anos de seca e anos com alta pluviosidade (Figuras 2, 3 e 4).
- 3) Ocorrência de anomalias de TSM do tipo dipolo no Atlântico Tropical com águas mais quentes ao norte e mais frias ao sul do equador em anos de seca (Figuras 5, 6, 7 e 8) e o inverso em anos muito chuvosos (Figuras 9, 10 e 11).
- 4) A defasagem de um a três meses entre o estabelecimento do padrão de onda ANLA no campo do desvio do vento e o estabelecimento da configuração de dipolo das anomalias de TSM no Atlântico Tropical (Tabela 1).

## 5. CONCLUSÕES

A variabilidade interanual da precipitação no Nordeste parece ser uma manifestação regional de fenômenos de escala planetária. A coerência de fase entre o padrão de onda encontrado no campo dos desvios do vento e as anomalias de TSM no Atlântico Tropical, em períodos de seca e alta pluviosidade sobre o Nordeste, dão indicações de que estes fenômenos interagem positivamente entre si. Além disso, o estabelecimento do padrão de onda ANLA com antecedência média de um a três meses em relação ao estabelecimento da configuração de dipolo no Atlântico Tropical pode ser um indicador de que as anomalias térmicas superficiais no Atlântico Tropical estejam sendo de alguma forma forçadas a partir de anomalias no campo do vento.

A resposta para a questão da seca no Nordeste ainda não pode ser dada. Ainda não se sabe se esta é decorrente da configuração de anomalias de TSM no Atlântico adjacente ou, assim como as próprias anomalias de TSM, se é uma manifestação regional de fenômenos de escala planetária (como o padrão de onda ANLA aqui discutido). Estudos mais detalhados das relações causais entre os fenômenos aqui apresentados serão a continuação deste trabalho.

### AGRADECIMENTOS

O autor agradece aos Drs. C.A. Nobre, A.D. Moura, V.E. Kousky e V.B. Rao as valiosas sugestões e críticas durante a elaboração deste trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRITO, J.I.B. *Variações interanuais da circulação geral de inverno no Hemisfério Norte e de Oscilação Sul e suas possíveis conexões com o clima do Nordeste brasileiro*. Dissertação de Mestrado em Meteorologia. São José dos Campos, INPE, 1984. No prelo.
- BUNKER, A. Computations of surface energy flux and annual air-sea interaction cycles of the North Atlantic Ocean. *Monthly Weather Review*, 104(9):1122-1140, Sept. 1976.
- HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in northeast Brazil. *Quarterly Journal of Royal Meteorological Society*, 103(435):77-92, Jan. 1977.
- HASTENRATH, S.; WU, M.C.; CHU, P.-S. Towards the monitoring and prediction of Northeast Brazil droughts. *Quarterly Journal of Royal Meteorological Society*, 110(464):411-425, Apr. 1984.
- MARKHAN, C.G.; McLAIN, D.R. Sea surface temperature related to rain in Ceará, northeast 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 Atmospheric Sciences*, 38(12):2653-2675, Dec. 1981.
- SERVAIN, J.; PICAUT, J.; MERLE, J. Compilação de dados de temperatura da superfície do mar para o Atlântico Tropical. Brest, França. Laboratoire d'Océanographie Physique, 1984. não publicado.



WALLACE, J.M.; GUTZLER, D.S. Teleconnections in the geopotential height field during the northern hemisphere winter. *Monthly Weather Review*, 109(4):784-812, Apr. 1981.

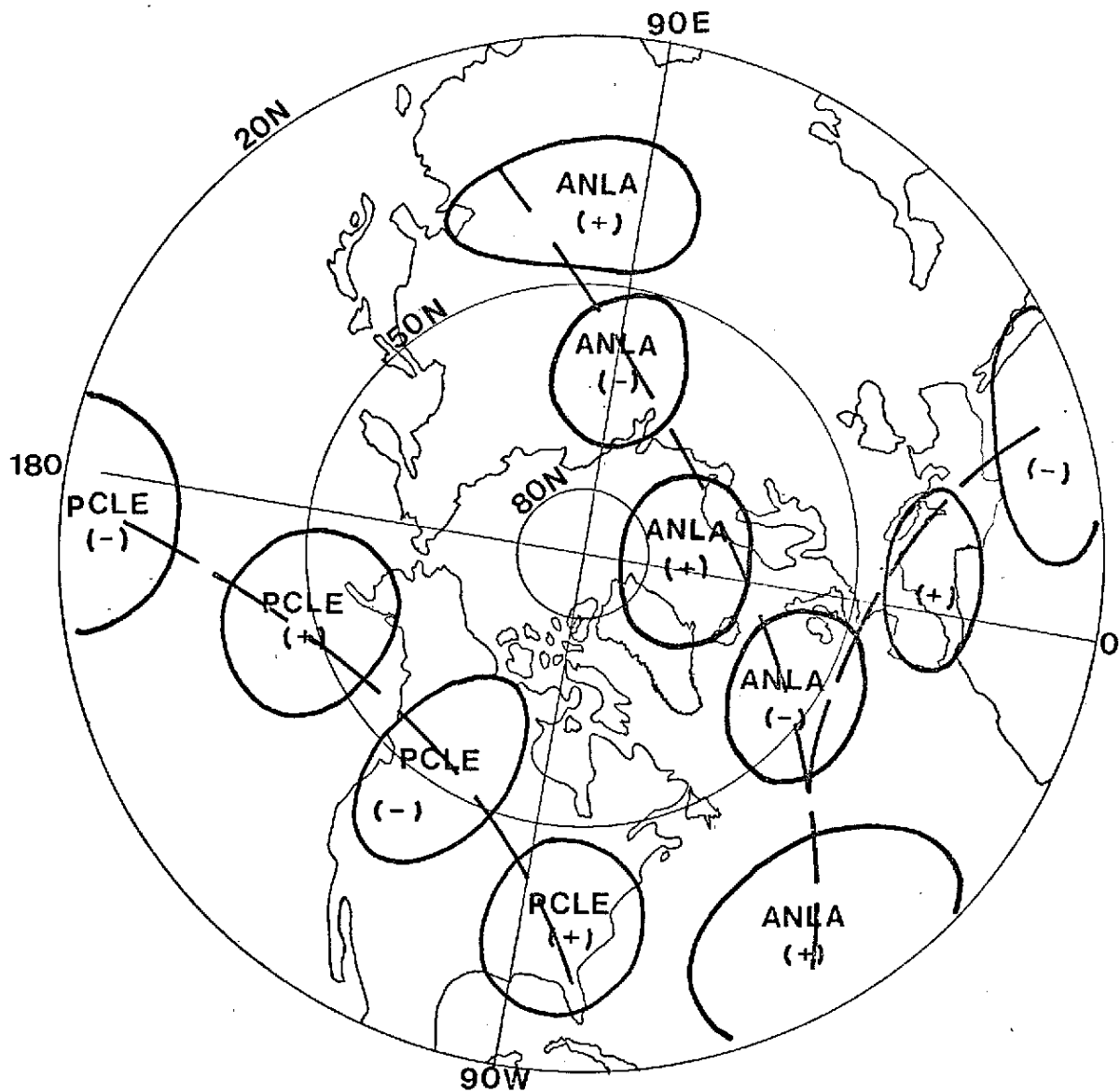


Fig. 1 - Disposição esquemática dos centros de ação dos padrões ANLA (0) e PCLE (0).

O sinal (+) indica se  $\zeta' > 0$  e o sinal (-) indica se  $\zeta' < 0$ .

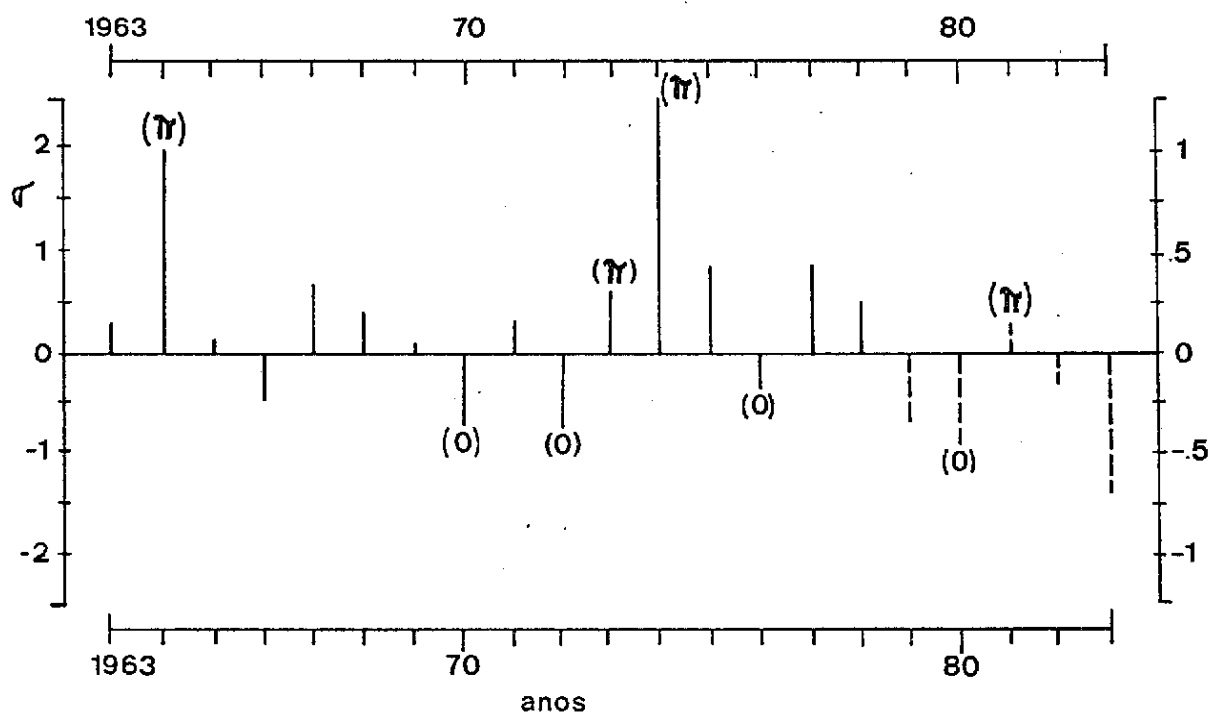


Fig. 2 - Desvio da precipitação na parte norte do Nordeste e existência do padrão ANLA(n).

$(0)$  e  $(\pi)$  indicam a fase do padrão ANLA. As barras contínuas são normalizadas pelo desvio padrão (Hastenrath et alii, 1984) e as barras tracejadas são normalizados pela média (Brito, 1984).

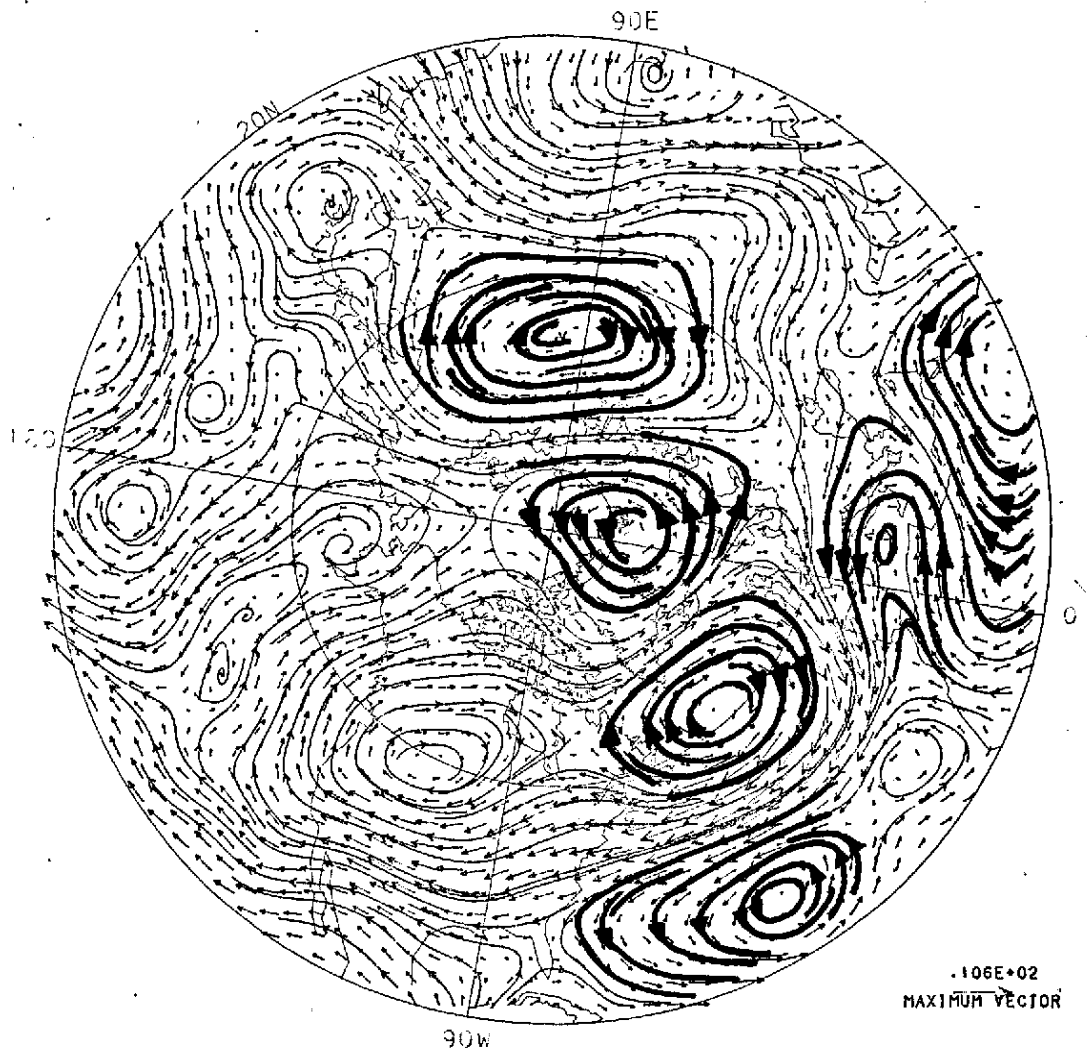


Fig. 3 - Campo do desvio médio do vento horizontal no Hemisfério Norte (200 mb) para anos de seca no Nordeste (dezembro de 1969, novembro de 1971, dezembro de 1975 e dezembro de 1979).

As linhas contínuas são linhas de corrente.



Fig. 4 - Campo do desvio médio do vento horizontal no Hemisfério Norte (200 mb) para anos de alta pluviosidade no Nordeste (dezembro de 1963, dezembro de 1972 e janeiro de 1974).

As linhas contínuas são linhas de corrente.

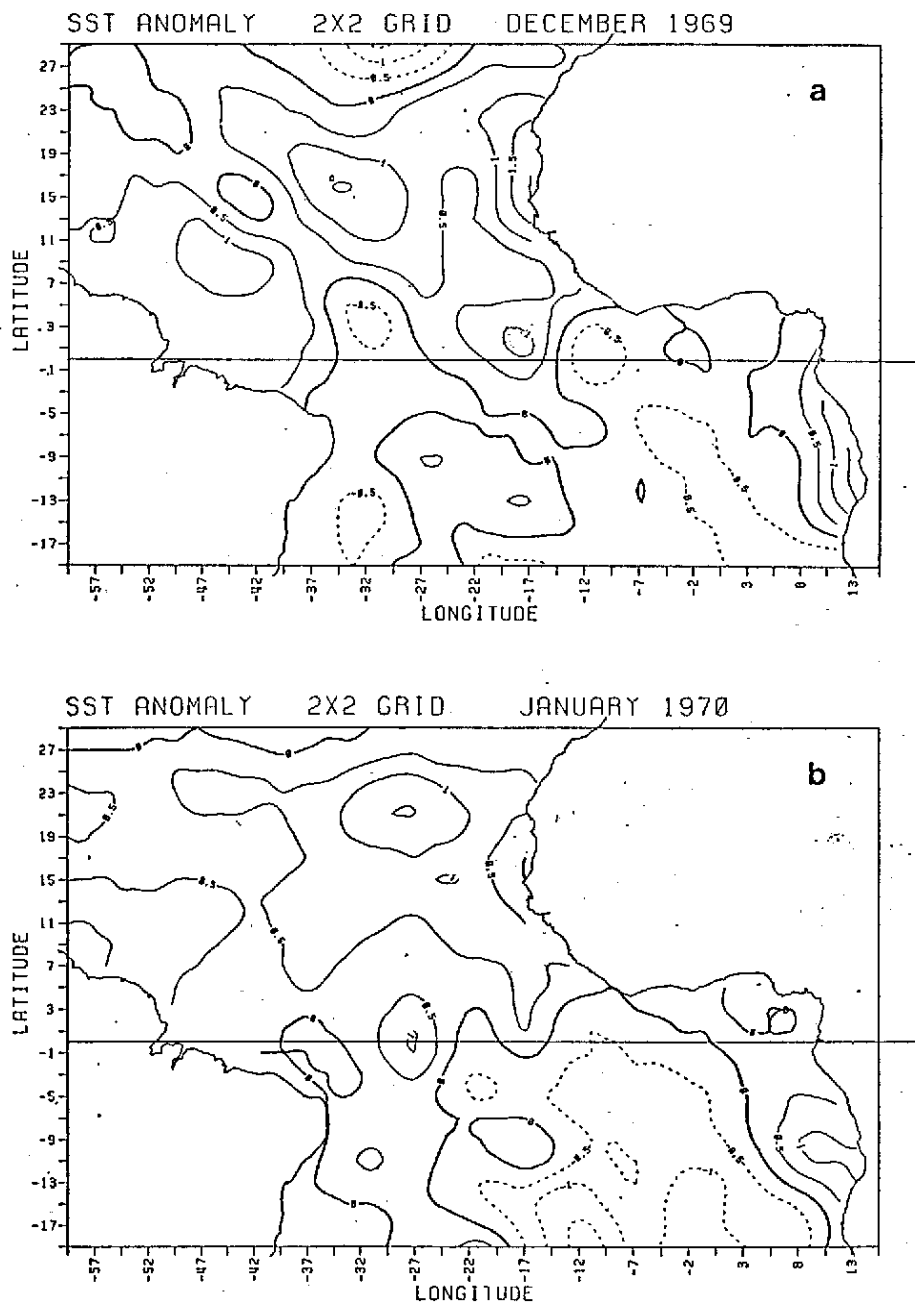


Fig. 5 - Campo de anomalias de TSM no Atlântico Tropical em (a) de zembro de 1969 e (b) janeiro de 1970.

O espaçamento entre as isotermas  $\bar{e}$  de 0,5C.

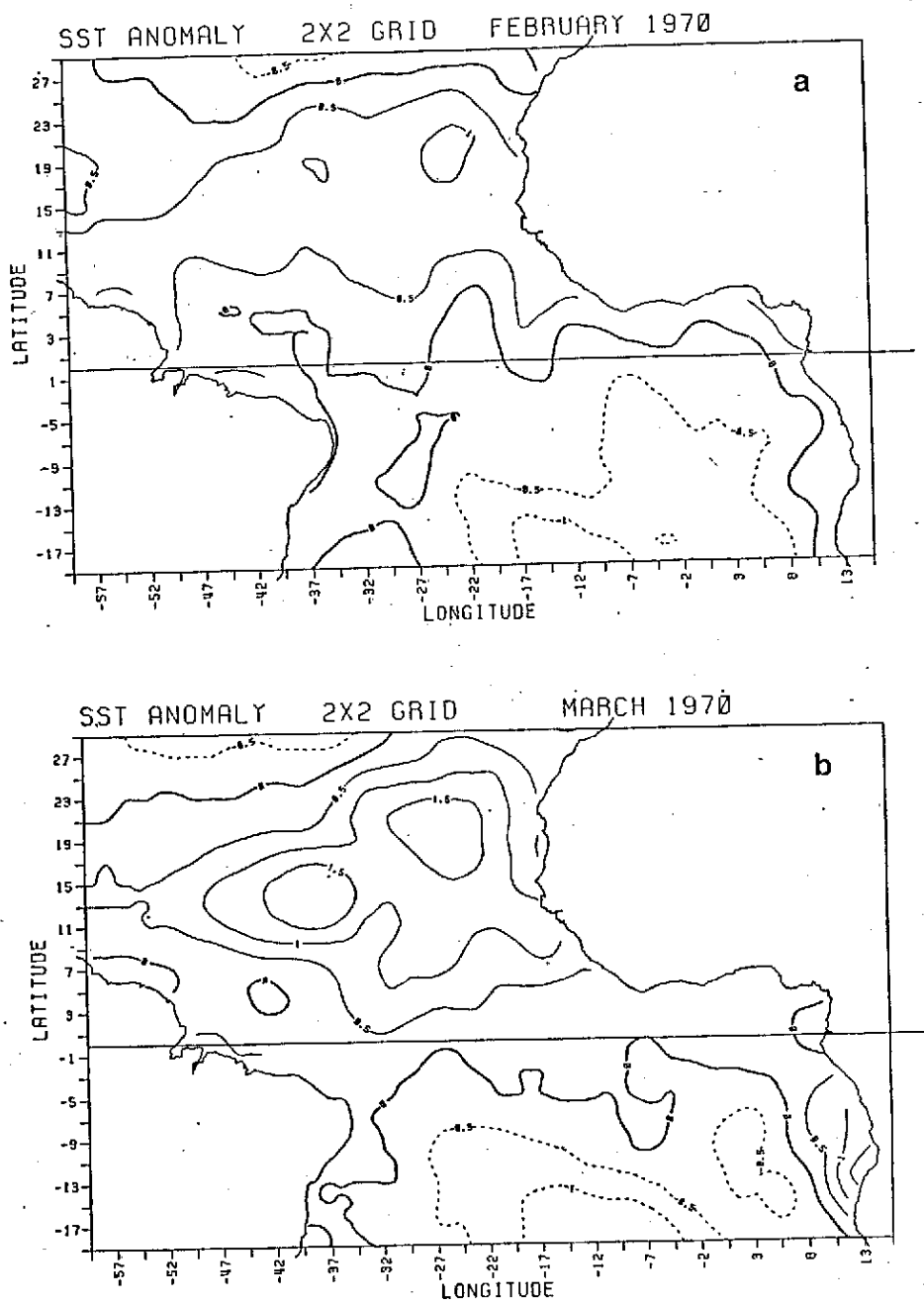


Fig. 6 - Campo de anomalias de TSM no Atlântico Tropical em (a) fe  
vereiro de 1970 e (b) março de 1970.

O espaçamento entre as isotermas é de 0,5C.

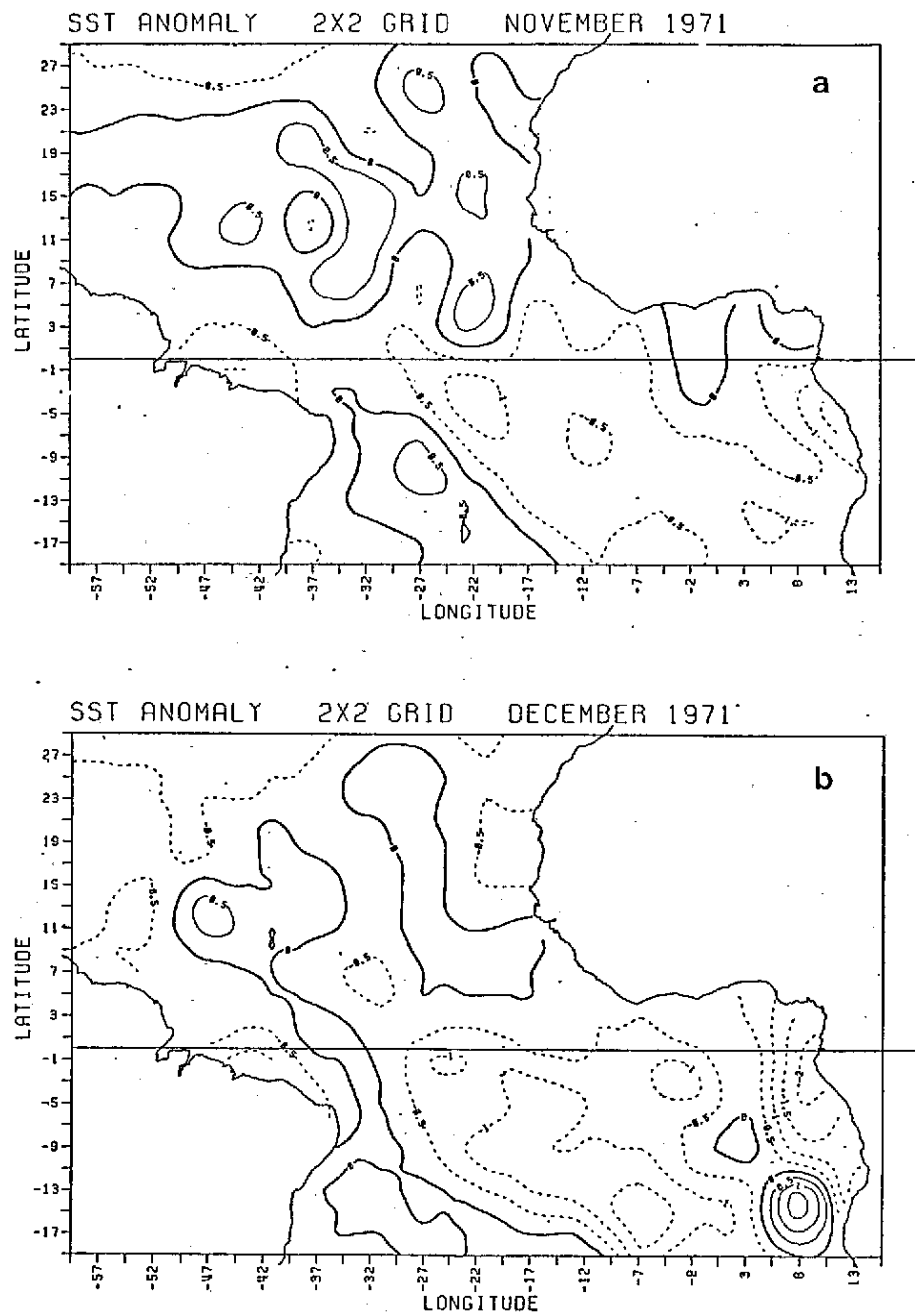


Fig. 7 - Campo de anomalias de TSM no Atlântico Tropical em (a) no vembro de 1971 e (b) dezembro de 1971.

O espaçamento entre as isothermas  $\bar{e}$  de 0,5C.



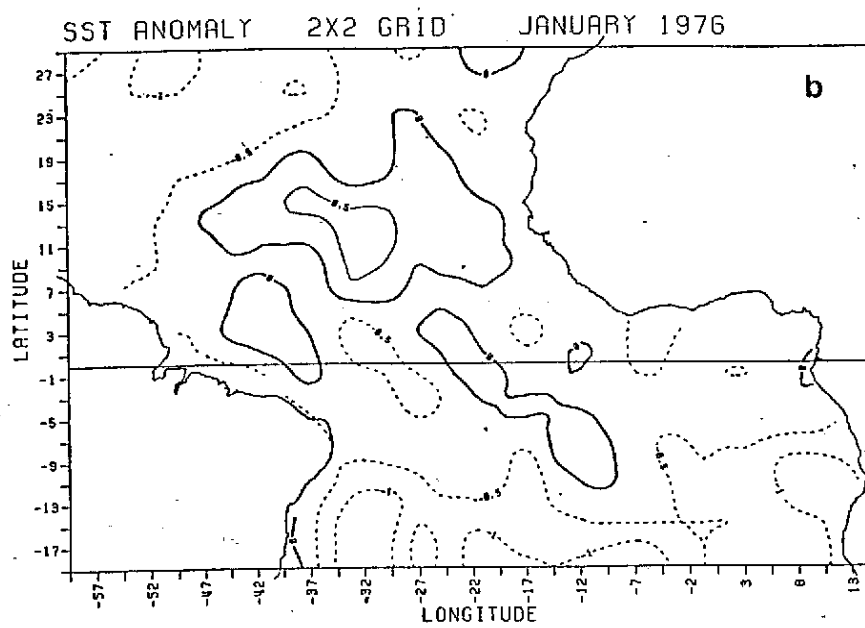
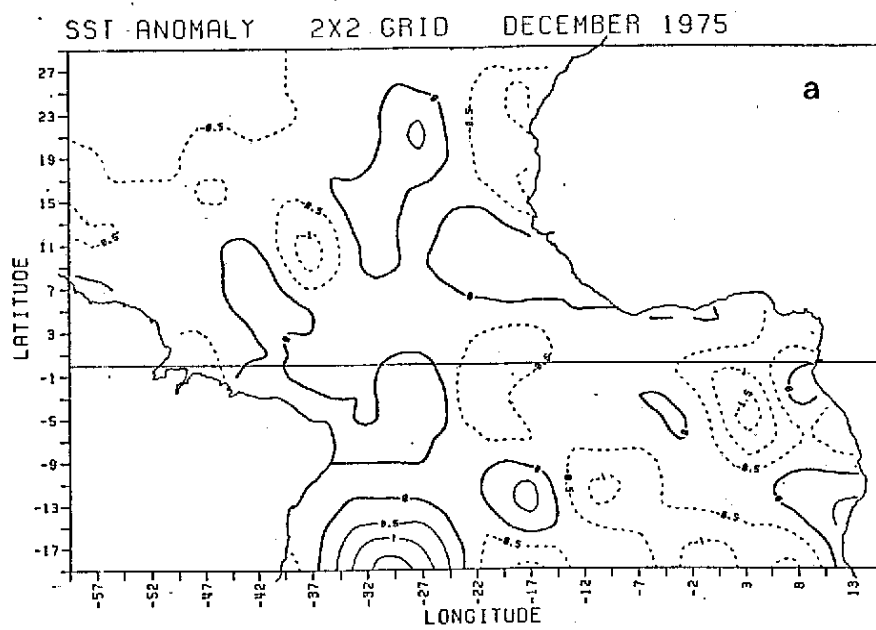


Fig. 8 - Campo de anomalias de TSM no Atlântico Tropical em (a) de zembro de 1975 e (b) janeiro de 1976.

O espaçamento entre as isoterms  $\bar{e}$  de 0,5C.

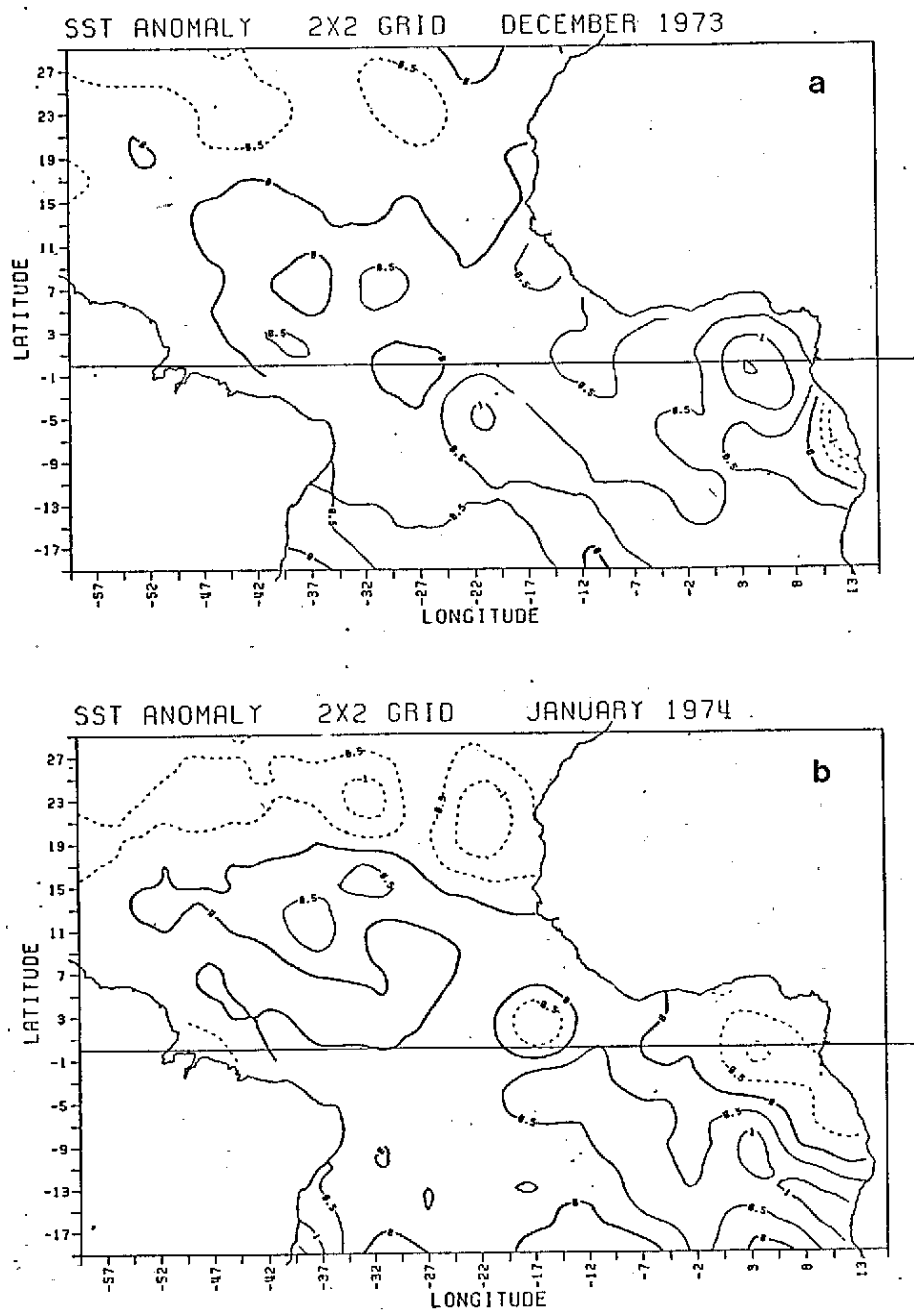


Fig. 9 - Campo de anomalias de TSM no Atlântico Tropical em (a) de zembro de 1973 e (b) janeiro de 1974.

O espaçamento entre as isotermas é de 0,5C.

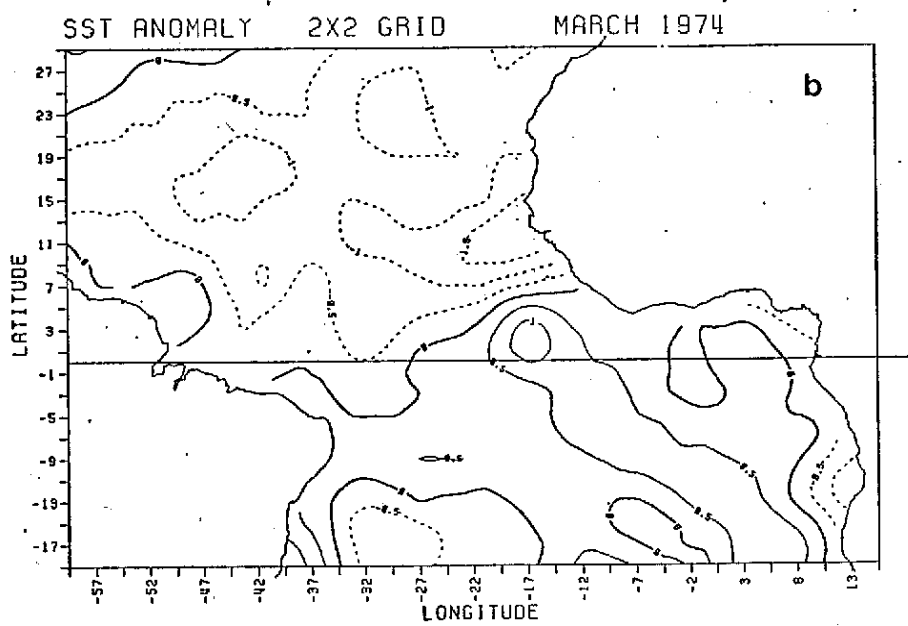
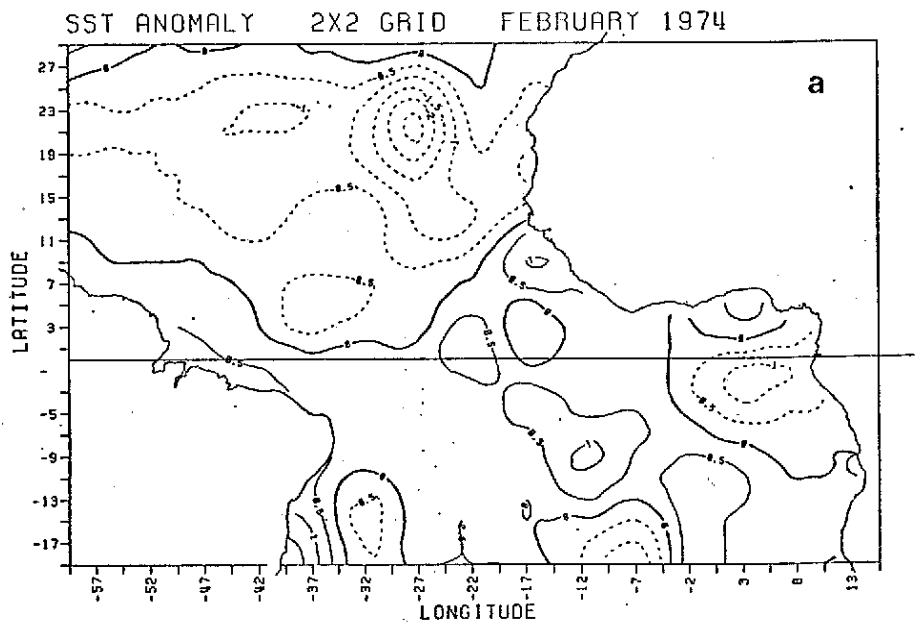


Fig. 10 - Campo de anomalias de TSM no Atlântico Tropical em (a) fevereiro de 1974 e (b) março de 1974.

O espaçamento entre as isotermas é de 0,5°C.

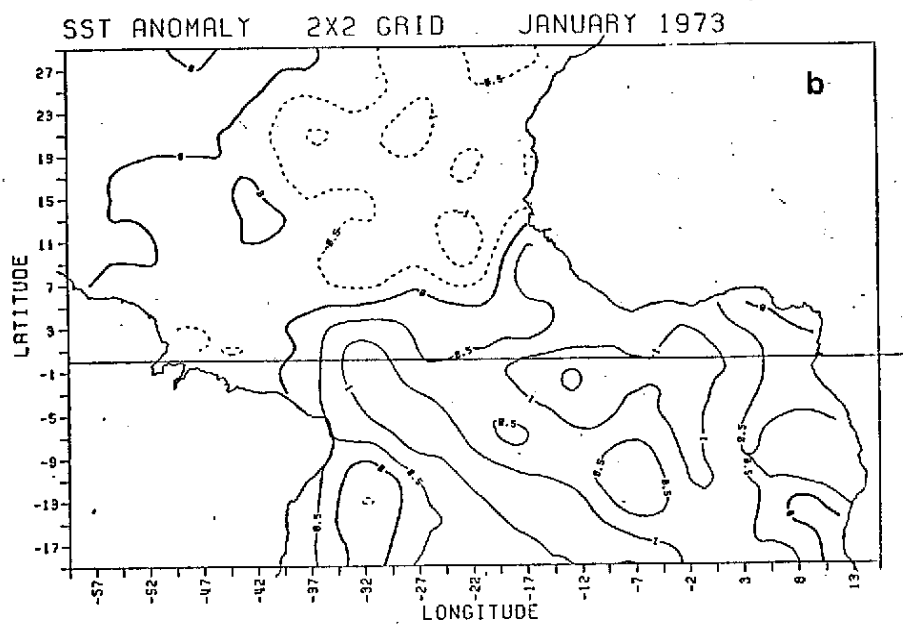
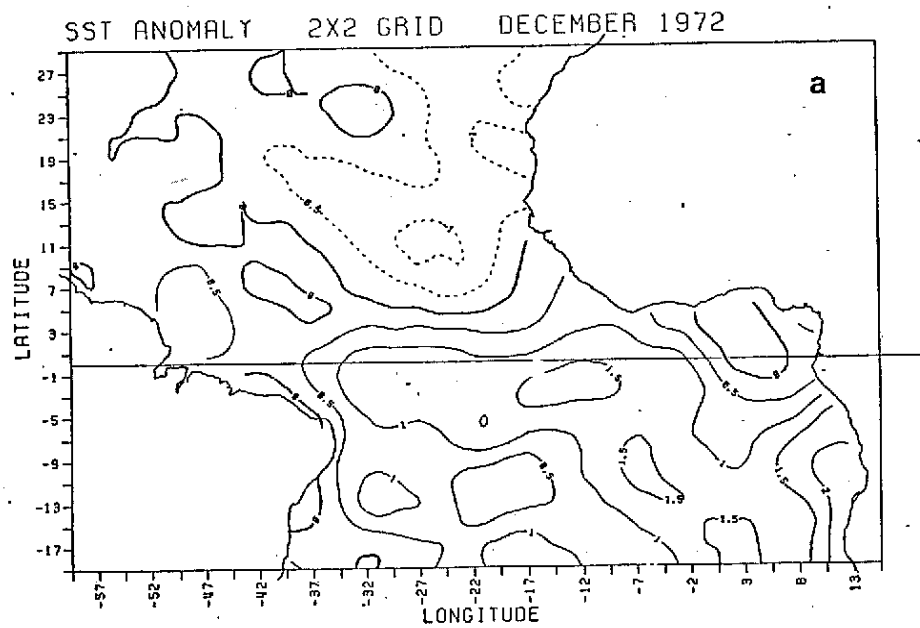


Fig. 11 - Campo de anomalias de TSM no Atlântico Tropical em (a) de zembro de 1972 e (b) janeiro de 1973.

O espaçamento entre as isotermas é de 0,5C.

Tabela 1 - Relação entre o padrão de onda ANLA(n) no campo do desvio do vento sobre o Hemisfério Norte, anomalias de TSM no Atlântico Tropical e anomalias de precipitação sobre o Nordeste.

Fase do padrão ANLA (dezembro / janeiro)	Anomalias de TSM Atlântico Tropical (janeiro / março)	Desvio de precipitação Nordeste (março / abril)
<b>0</b>	quente ao norte _____equador frio ao sul	negativo
<b><math>\pi</math></b>	frio ao norte _____equador quente ao sul	positivo

Os meses entre parênteses indicam a época de máxima frequência dos eventos.