

# VARIABILIDADE CLIMÁTICA INTRASAZONAL SOBRE O NORDESTE DO BRASIL EM 1998-2000

Paulo Nobre  
Anna Bárbara Coutinho de Melo

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE  
pnobre@cptec.inpe.br; barbara@cptec.inpe.br

---

## ABSTRACT

---

*Daily rainfall, wind, and omega datasets over the global tropics are analysed to characterize rainfall intraseasonal variability over the Nordeste of Brazil. This work presents observational evidence that the temporal distribution of rainfall over Nordeste during the wet periods of 1998 to 2000 were modulated by planetary scale atmospheric oscillations detected along the tropics over both the Pacific and Atlantic Basins. Eastward propagating pulses of tropical convection reached the tropical Atlantic Ocean with periods ranging from 30 to 60 days. The negative phases of such pulses (associated with subsidence and suppression of rainfall) reached the Nordeste during the peak of the rainy season over the area, contributing to reducing the total seasonal rainfall totals substantially. The analyses also show that the pulses have a essentially baroclinic vertical structure, with convergence/divergence in lower levels aligned with divergence/convergence in upper levels of the troposphere, thus strongly modulating deep cumulus convection over the Nordeste. It is also shown that while the intraseasonal variability can be detected during all the three years analysed, its effect is largest in the absence of large scale induced subsidence over the region, as that associated with the 1998 ENSO event.*

---

## 1. INTRODUCTION

A marcante variabilidade interanual da pluviometria associada aos baixos totais anuais pluviométricos, sobre a Região Nordeste do Brasil (Nordeste), é um dos principais fatores para a ocorrência dos eventos de “secas” sobre a região, as quais são caracterizadas por acentuada redução do total pluviométrico sazonal durante o período de fevereiro a maio. A variabilidade interanual da pluviometria sobre o Nordeste está associada a variações de padrões de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) sobre os oceanos tropicais, os quais afetam a posição e a intensidade da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o Oceano Atlântico, modulando assim a pluviometria sobre o norte do Nordeste (Hastenrath e Heller, 1977; Hastenrath, 1984; Moura e Shukla, 1981).

Embora a ocorrência de “seca”, definida como uma acentuada redução do total sazonal de chuvas sobre uma área significativa da região esteja associada a grandes movimentações sociais, de recursos financeiros e da economia do Nordeste (Magalhães e Glantz, 1992), são de fato as variabilidades espacial e temporal das chuvas na escala de tempo intrasazonal que atingem a sociedade de forma mais contundente. Um ano no qual os totais pluviométricos sobre uma região tenham sido em torno da média climatológica pode, mesmo assim, representar um ano com severas restrições para a agricultura, por exemplo, se durante o período chuvoso como um todo ocorreram um ou mais períodos prolongados de estiagem. Desta forma, não somente os totais pluviométricos, mas também e principalmente a variabilidade intrasazonal da pluviometria é de extrema relevância no âmbito das aplicações.

Do ponto de vista meteorológico, uma condição de seca, como definida por Magalhães e Glantz (1992) é caracterizada por acentuada redução dos totais pluviométricos anuais da região; uma

“grande seca” ocorre quando os totais anuais de chuvas não atingem 50% das normais climatológicas para uma fração significativa (a metade) da área semi-árida do Nordeste. No entanto, mesmo em anos nos quais os totais pluviométricos anuais são próximos à média histórica, a distribuição temporal das chuvas durante a estação chuvosa pode afetar substancialmente tanto os recursos hídricos - a pluviometria diária é bem distribuída temporalmente e causa pouco escoamento superficial - quanto a agricultura-períodos de estiagem prolongados intercalam-se com episódios de precipitações mais intensa, também denominada de “seca verde”. Assim, para se caracterizar a qualidade da estação chuvosa, de forma a contemplar um leque maior de condições hidro-meteorológicas que afetam as atividades econômicas da Região de maneira significativa, há que se considerar não somente os totais sazonais de chuvas, mas, também e principalmente, a variabilidade temporal destas em escalas de tempo intrasazonal.

Dentre os fenômenos atmosféricos que afetam a variabilidade intrasazonal das chuvas sobre o Nordeste estão sistemas transientes como oscilações de 30-60 dias (Weickmann et al., 1985; Kousky e Kayano, 1994), vórtices ciclônicos de ar superior, distúrbios ondulatórios de leste (Goswami e Mathew, 1994), linhas de instabilidade associadas à brisa marítima [cavalcanti, Kousky, 1982], assim como instabilidades termodinâmicas locais induzidas por aquecimento diferencial da superfície, convergência de umidade e convecção. Tais fenômenos contribuem para modular a distribuição temporal da pluviometria sobre a região, ocasionando períodos de estiagem intercalados por ocorrências de precipitações mais abundantes. Além disso, a ZCIT, cujo posicionamento latitudinal guarda estreita relação com o gradiente meridional de TSM sobre o Atlântico Tropical (Moura e Shukla, 1981) e Pacífico Equatorial (Mechoso et al., 1990), também parece apresentar flutuações nas escalas de tempo intrasazonal.

A periodicidade dos episódios secos e chuvosos observada sobre o Nordeste durante o período 1998-2000 sugere que estes possam ter sido modulados pela atuação de oscilações de 30-60 dias, também conhecidas por oscilações de Madden-Julian (1972). Repelli et al. (1998) mostraram evidências dos efeitos das OMJ no regime de precipitação sobre o Nordeste em 1997. O objetivo deste estudo é analisar a variabilidade intrasazonal das circulações atmosféricas globais durante o período de janeiro a julho de três anos de contraste, nos quais se observou a ocorrência de períodos chuvosos intercalados com períodos secos sobre o Nordeste.

## 2. METODOLOGIA

Os dados utilizados neste trabalho são os campos diários das componentes zonal ( $u$ ), meridional ( $v$ ) do vento e velocidade vertical ( $\omega$ ) em 7 níveis na vertical, obtidos das reanálises do National Centers for Environmental Prediction (NCEP) em pontos de grade regular de  $2,5^\circ \times 2,5^\circ$  para o período de 1980 a 1996; análises diárias de  $u$ ,  $v$  e  $\omega$  para janeiro a julho de 1998-2000 na faixa longitudinal de  $120^\circ\text{W}$  a Greenwich, provenientes de análises operacionais diárias do NCEP; e campos diários de Radiação de Onda Longa ( $rol$ ) no período de 1974 a 2000 também provenientes do NCEP. Os dados diários de precipitação pluviométrica de estações foram obtidos da ANEEL e INMET para o período de 01 de janeiro de 1970 a 31 de dezembro de 1990 e Centros Estaduais de Meteorologia e Recursos Hídricos para o período 01 de janeiro de 1998 a 31 de dezembro de 2000. Os dados de estações foram interpolados para uma grade regular de  $0.25^\circ$  por  $0.25^\circ$  de latitude e longitude utilizando o método de interpolação kriging.

Inicialmente foram geradas médias de longo período (i.e. climatologias) para os valores diários de  $u$ ,  $v$ ,  $\omega$  e  $rol$ . Tais médias foram calculadas como as médias aritméticas dos valores de cada variável em cada ponto de grade para cada dia do ano, segundo a expressão:

$$\bar{X}_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N X_{i,j} \quad i = 1, 366; \quad j = 1, N \quad (1)$$

onde  $X_{i,j}$  é uma grade 144 por 73 (longitudes, latitudes) para o dia “i” e para o ano “j”;  $\bar{X}_i$  são os valores médios de  $X$  (i.e.,  $u$ ,  $v$ ,  $\omega$  e  $rol$ ) em cada ponto de grade para o dia “i”;  $N$  é o número de anos utilizados. Em seguida, foram calculadas as médias móveis de 5 dias centradas no tempo para cada dia do ano:

$$\overline{Xm}_i = \frac{1}{5} \sum_{k=i-2}^{i+2} \bar{X}_k \quad i = 1, 366; \quad (2)$$

onde  $\overline{Xm}_i$  é a média móvel de  $\bar{X}_i$  para cada dia “i” do ano como definido acima. Séries temporais dos valores climatológicos calculados pela equação (2) são mostrados na Figura 1 para uma média na área de 4° x 4° graus de latitude e longitude sobre o Nordeste, e discutidos na sessão de resultados.

Os valores diários das climatologias de precipitação pluviométrica foram obtidos pela interpolação linear no tempo dos valores mensais climatológicos para cada ponto de grade sobre o Brasil. O método de interpolação temporal utilizado foi a média ponderada das precipitações mensais entre dois meses consecutivos, ponderadas pelo número de dias de cada mês e convertidas de mm/mês para mm/dia dividindo os dados climatológicos mensais pelo número de dias do mês.

$$Xa_{i,j} = X_{i,j} - \overline{Xm}_i, \quad i = 1, 366 \quad j = 1, N \quad (3)$$

Após o cálculo das anomalias diárias de  $u$ ,  $v$ ,  $w$  e  $rol$ , no período de 1998 a 2000, efetuou-se a filtragem dos dados com o objetivo de eliminar as oscilações transientes com escala de tempo sinótica e as oscilações de mais baixa frequência (sazonal a decadal) das séries temporais analisadas. Foi utilizado o método digital de filtragem dos dados conhecido por *Filtro de Lanczos* (Duchon, 1979) que, além de sua simplicidade de utilização, tem como principal característica reduzir as amplitudes de oscilações Gibbs na série filtrada. Os pesos ( $\bar{w}_k$ ) das componentes de Fourier do método de filtragem utilizado são função das frequências de entrada ( $f_{c1}$ ) e saída ( $f_{c2}$ ) e são calculados pela expressão:

$$\bar{w}_k = \left( \frac{\sin 2pf_{c2}k}{pk} - \frac{\sin 2pf_{c1}k}{pk} \right) \mathbf{s}, \quad k = -n, \dots, 0, \dots, n \quad (4)$$

onde  $\mathbf{s}$  é dado pela expressão:

$$\mathbf{s} = \frac{\sin pk/n}{pk/n} \quad (5)$$

$$e \quad n \geq 1.3/(f_{c2} - f_{c1}) \quad (6)$$

Para a banda de frequência 30-60 dias, ou seja,  $f_{c1} = 0,033 \text{ dia}^{-1}$  e  $f_{c2} = 0,016 \text{ dia}^{-1}$ , o número de pesos deve ser  $n \geq 78$ . Para efeito de estudo do presente trabalho foram utilizados 80 pesos, calculados pela equação (4) acima.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra dois ciclos anuais dos valores climatológicos diários (média móvel de cinco dias), de  $rol$ ,  $u$  e  $v$  no nível de 1000 hPa e  $\omega$  no nível de 500 hPa sobre o Nordeste do Brasil (41°W-35°W, 9°S-5°S). É interessante notar que o máximo de movimento vertical ascendente (Fig 1d) ocorre durante janeiro a abril - período mais chuvoso sobre o norte do Nordeste - coincidindo com o período no qual a componente meridional do vento em baixos níveis é negativa (i.e., de norte) (Fig 1c); a componente zonal do vento é negativa (i.e., de leste) e menos intensa do que em outros períodos do ano (Fig. 1b); e quando ocorre o mínimo anual de  $rol$  (Fig. 1a). Situação oposta ocorre de julho a outubro - período mais seco sobre o Nordeste. Essas características aparentes na Fig. 1 revelam a

proximidade da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) ao Nordeste no início do ano. Ainda nesta figura, é evidente a maior variabilidade temporal de alta frequência dos valores climatológicos de  $rol$  durante janeiro a maio, enquanto as demais variáveis mostram um grau de variabilidade de alta frequência uniforme durante todo o ciclo anual. É notável observar nas Figs. 1a e 1d como os ciclos sazonais climatológicos de  $rol$  e  $\omega$  estão em fase, com aumento de subsidência ( $\omega > 0$ ) coincidente com o aumento de  $rol$  durante junho a novembro. Ressalta-se que a variabilidade de alta frequência presente nas séries temporais climatológicas diárias mostradas na Fig. 1 é devida, em parte, ao reduzido tamanho da população (27 amostras) utilizadas.

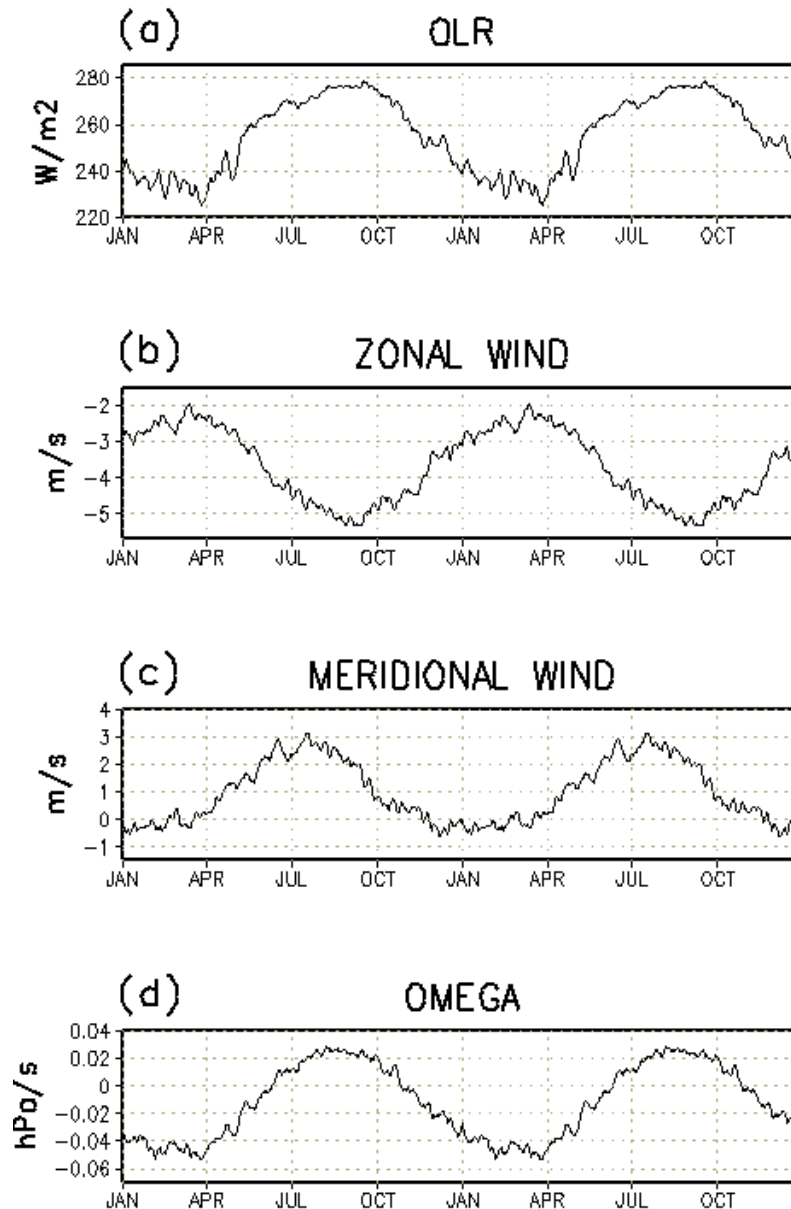


Figura 1 – Séries temporais dos valores climatológicos diários - médias móveis de 5 dias - médios sobre a área de  $45^{\circ}W$  a  $35^{\circ}W$  e  $13^{\circ}S$  a  $3^{\circ}S$  (sobre o Nordeste) para os campos de: (a) radiação de onda longa emitida para o espaço ( $W/m^2$ ), componentes (b) zonal e (c) meridional do vento em 1000 hPa ( $m/s$ ) e (d) movimento vertical no nível de 500 hPa ( $hPa/s$ ).

Na Figura 2, são mostradas séries temporais dos índices: pluviométrico sobre o norte do Nordeste (Fig. 2a), anomalias de TSM sobre a região do Niño 3 (150°W-90°W), no Pacífico Central (Fig. 2b), e dipolo de anomalias de TSM sobre o Atlântico Tropical (Fig. 2c), como sugerido por Servain (1991). O comportamento da precipitação média sobre o Nordeste durante os anos de 1998-2000 apresentou variabilidade temporal distinta em cada ano, com anomalia média de precipitação predominantemente negativa durante 1998 e comportamento oscilatório na escala de tempo intrasazonal em 1999 e 2000 (Fig. 2a). De maneira geral, índices positivos de ATSM do Niño 3 (correspondendo a evento quente do ENOS) tendem a inibir a ocorrência de precipitações pluviométricas sobre o Nordeste, assim como índices positivos do dipolo de anomalias de TSM no Atlântico (correspondendo a anomalias negativas sobre o Atlântico Sul e positivas no Atlântico Norte) estão associados com desvios negativos de precipitação sobre o norte do Nordeste, e vice versa (Moura e Shukla, 1981; Mechoso et al., 1990; Uvo et al., 1998).

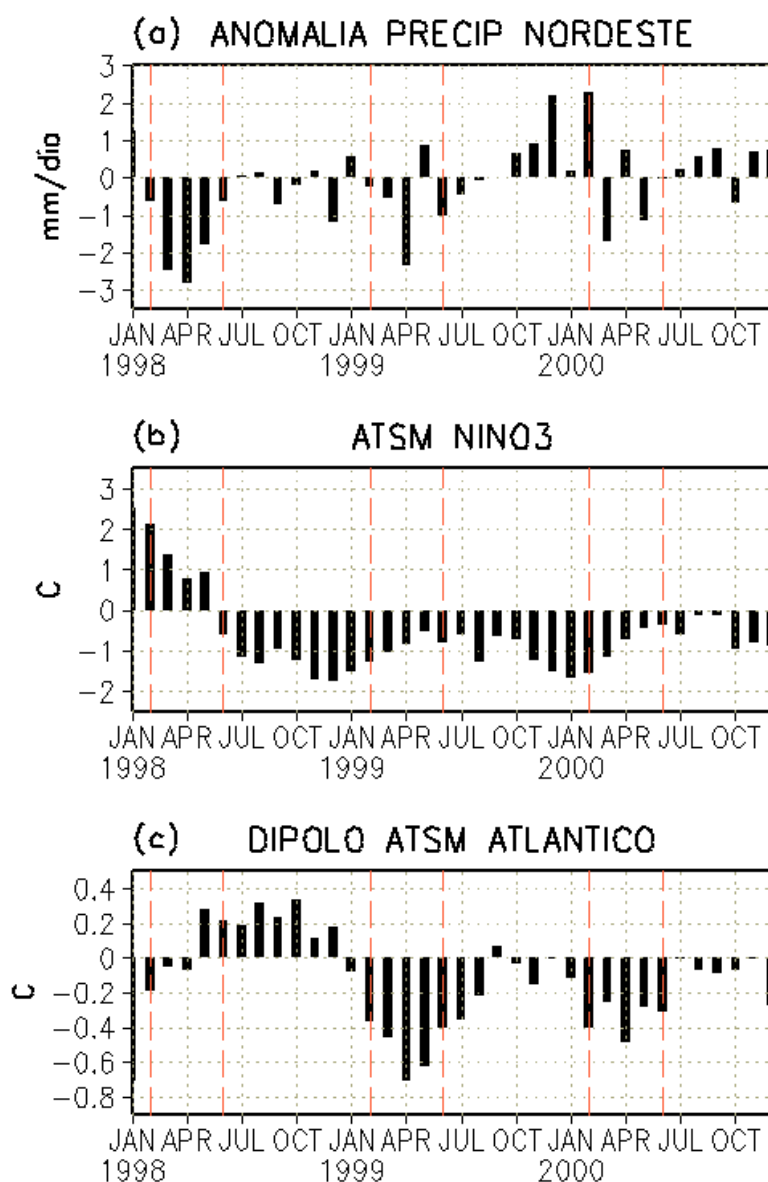


Figura 2 – Evolução temporal das anomalias mensais de: (a) precipitação sobre o Nordeste (mesma área da Fig. 1), (b) temperatura da superfície do mar na região Niño 3 (170°W-130°W, 5°S-5°N) e (c) Índice de dipolo no Atlântico Tropical (média na área 60°W-20°W, 5°N-20°N menos a média na área 35°W-5°E, 15°S-0°N), nos anos de 1998 a 2000.

Enquanto a homogeneidade de anomalias negativas de precipitação durante janeiro a junho de 1998 (Fig. 2a) é explicada pelo desenvolvimento simultâneo do episódio quente do ENOS no Pacífico (Fig. 2b) e do estabelecimento de um padrão de dipolo de ATSM desfavorável sobre o Atlântico (Fig. 2c), o comportamento aproximadamente oscilatório em 1999 e 2000 dificilmente seria explicado pelo comportamento das TSM's tropicais globais, onde condições favoráveis foram observadas sobre ambos o Pacífico Equatorial e Atlântico Tropical (i.e. ATSM negativa sobre o Pacífico e dipolo favorável sobre o Atlântico, vide Figs. 2b e 2c).

A Figura 3 mostra a distribuição espacial das anomalias médias de precipitação pluviométrica sobre o Nordeste para os meses de janeiro a junho de 1998, 1999 e 2000 (Figs. 3a, 3b, 3c respectivamente). A análise destas figuras destaca que, enquanto 1998 apresentou um período seco sobre todo o Nordeste, em 1999 e 2000 anomalias positivas e negativas de precipitação alternaram-se sobre toda a área, com anomalias negativas predominando em 1999 e positivas em 2000. A análise das Figuras 2 e 3 sugere que processos atmosféricos de mais alta frequência do que o fenômeno ENOS e o dipolo do Atlântico possam ter atuado sobre o Nordeste, com seus efeitos mais perceptíveis durante os anos 1999 (Nobre et al., 2000) e 2000.

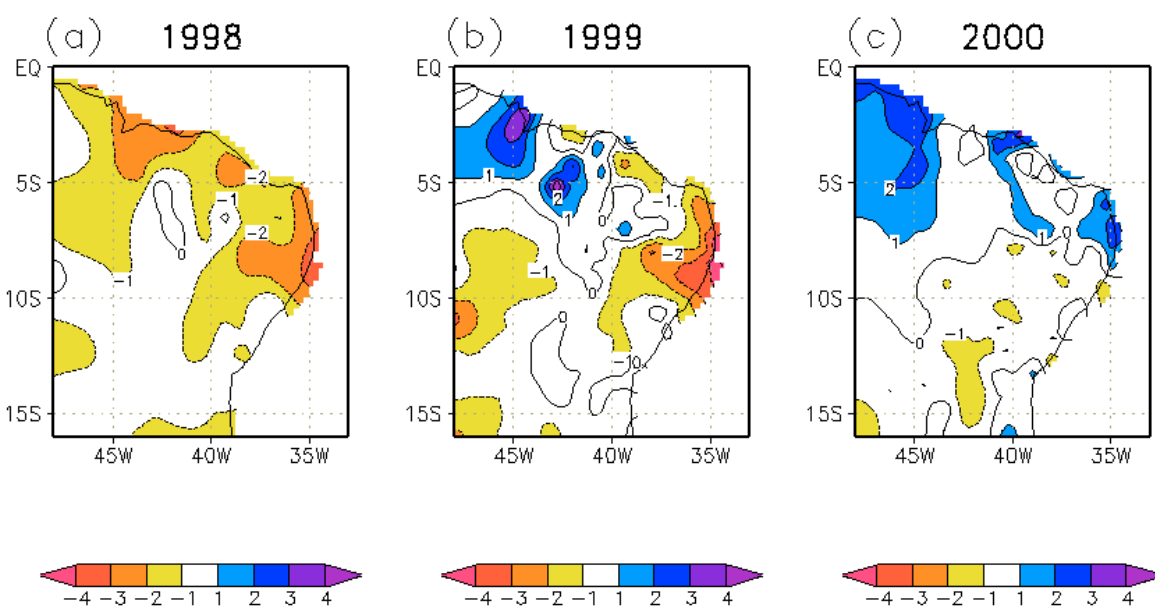


Figura 3 – Distribuição espacial das anomalias de precipitação (mm/dia) médias de janeiro a junho nos anos (a) 1998, (b) 1999 e (c) 2000 sobre o Nordeste do Brasil. Intervalo entre os contornos é de 1 mm/dia. Contornos superiores a 1 mm/dia e inferiores a -1 mm/dia estão hachurados conforme as barras de cores na base da figura.

A Figura 4 mostra a variabilidade temporal das anomalias de precipitação, média móvel de 15 dias, sobre o Nordeste nos anos de 1998 a 2000. É notável a variabilidade intrasazonal das anomalias de precipitação mostradas na Fig. 4, com episódios secos e chuvosos alternados a intervalos de aproximadamente 30 dias, particularmente em 2000. A característica periódica das anomalias pluviométricas também se refletem nas anomalias de *rol* sobre o Nordeste filtrada na banda de frequência 30-60 dias e mostrada na Fig. 4. Note que oscilações intrasazonais de *rol* e precipitação são observadas mesmo em 1998, quando o efeito de subsidência de grande escala associado ao ENOS deslocou a média das anomalias de precipitação para valores predominantemente negativos.

Assim, embora as condições de TSM sobre ambos Oceanos Pacífico Equatorial e Atlântico Tropical durante 1999 tenham sido relativamente mais favoráveis à ocorrência de precipitações pluviométricas sobre o Nordeste do que em 2000 (ver Fig. 2), a maior amplitude das anomalias pluviométricas durante 2000, particularmente as anomalias positivas (anomalias negativas de *rol*) em fevereiro e abril – meses inseridos no período climatologicamente mais chuvoso –, contribuíram para que os totais sazonais em 2000 fossem mais elevados do que em 1999 (ver Fig. 3).

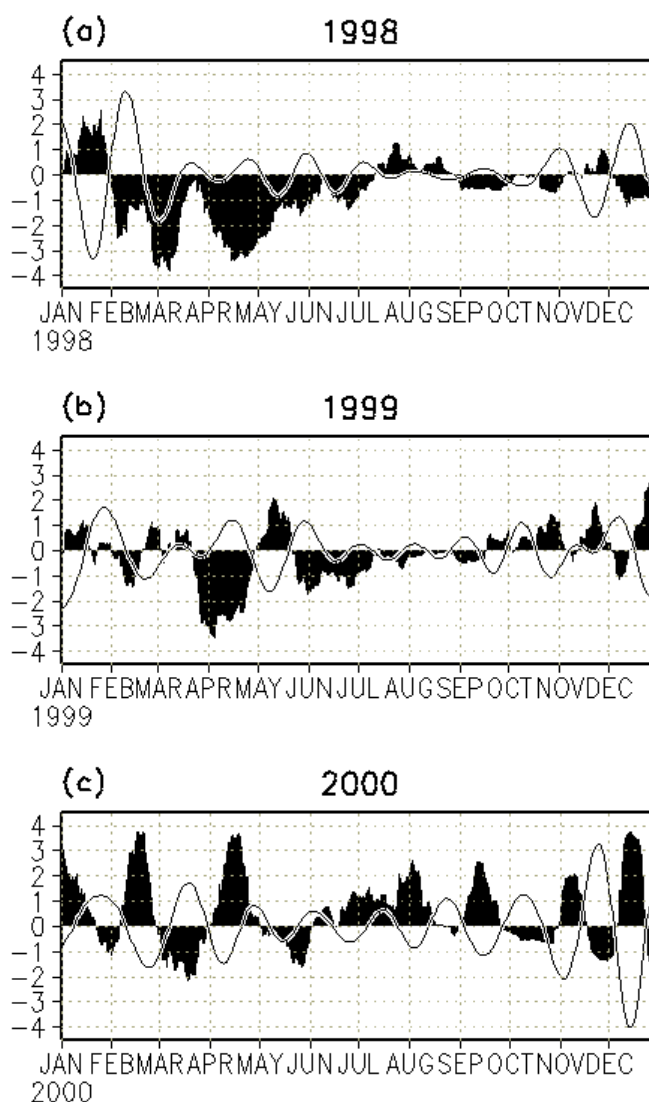


Figura 4 – Séries temporais, médias sobre o Nordeste (mesma área da Fig. 1), das anomalias de precipitação diária (média móvel de 15 dias, barras verticais hachuradas) em mm/dia e anomalia de radiação de onda longa normalizada (dados filtrados na banda de frequência 30-60 dias, linha contínua) em  $W/5m^2$ , para os anos (a) 1998, (b) 1999 e (c) 2000.

A origem das oscilações intrasazonais sobre o Nordeste pode ser inferida a partir da análise da Figura 5, que mostra a evolução temporal das anomalias de *rol* filtradas sobre a faixa de latitudes entre o Equador e  $10^{\circ}S$ , ao longo de todo o cinturão tropical. A propagação de pulsos de anomalias de *rol* para leste é evidente, com periodicidade aproximada de 30-45 dias. Em particular, é notável a regularidade das oscilações em torno das longitudes  $80^{\circ}E-120^{\circ}E$  (Oceano Índico) e  $70^{\circ}W-30^{\circ}W$  (América do Sul), ressaltando-se as amplitudes das oscilações mais pronunciadas sobre o Índico do que sobre a América do Sul.

Na busca dos mecanismos físicos de conexão entre a co-variabilidade aparente entre os campos de precipitação e *rol*, foram filtrados os campos de vento horizontal e velocidade vertical na profundidade da troposfera, e plotados o corte vertical x tempo dos campos de anomalias de divergência horizontal do vento e do movimento vertical  $\omega$  sobre o Nordeste durante os três anos de estudo (Fig. 6). É notável observar a estrutura vertical baroclínica nos campos de convergência de massa e velocidade vertical aparentes na Fig. 6, associadas ao efeito modulador das oscilações sobre o Nordeste, como sugerido por Knutson e Weickmann (1987). Anomalias de convergência de massa em baixos níveis são acompanhadas por anomalias de divergência de massa em altos níveis e movimento vertical anômalo ascendente; e vice-versa. Embora tal mecanismo de acoplamento dinâmico entre

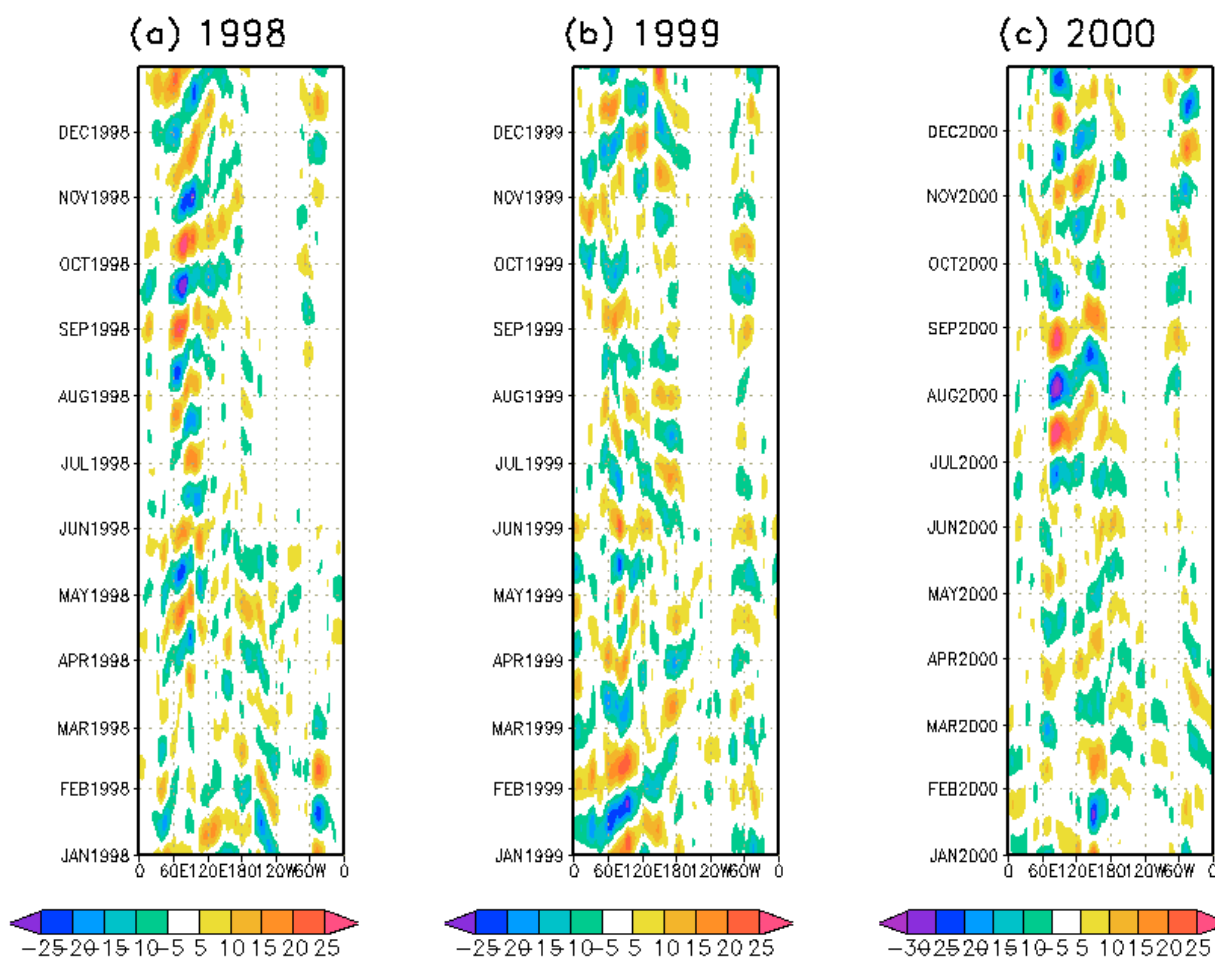


Figura 5 – Diagramas longitude x tempo das anomalias de radiação de onda longa médias na banda de latitudes de  $0^{\circ}$  a  $10^{\circ}\text{S}$  ao longo do cinturão tropical, a partir da série temporal de dados filtrados na banda de frequência 30-60 dias para os anos (a) 1998, (b) 1999 e (c) 2000. Intervalo entre os contornos é  $5 \text{ W/m}^2$ . Valores superiores a  $5 \text{ W/m}^2$  e inferiores a  $-5 \text{ W/m}^2$  estão hachurados conforme a barra de cores na base da figura.

baixos e altos níveis tenha apresentado maior amplitude durante o ano 2000, as oscilações intrasazonais estiveram presentes em toda a profundidade da troposfera sobre o Nordeste também em 1999 e 1998. Além disso, a comparação entre as Figs. 4 e 6 mostra que os períodos com anomalias pluviométricas positivas sobre o Nordeste foram coincidentes com períodos nos quais as oscilações filtradas da atmosfera mostraram, nos campos de anomalias: velocidade vertical ascendente, convergência em baixos níveis e divergência em altos níveis.

Em conjunto, as Figuras 4 a 6 sugerem que a variabilidade temporal das chuvas sobre o Nordeste durante o período estudado foi o resultado das interações entre circulações atmosféricas de escala planetária, tais como o ENOS e o padrão de dipolo sobre o Atlântico, e oscilações atmosféricas intrasazonais documentadas neste trabalho.

#### 4. CONCLUSÕES

Os anos de 1998, 1999 e 2000 foram bastante variáveis no tocante à distribuição temporal das chuvas no setor norte do Nordeste nos meses de janeiro a julho – período climatologicamente mais chuvoso sobre a região. Identificou-se recorrência de anomalias positivas e negativas de precipitação pluviométrica diária sobre o Nordeste, com períodos que oscilaram entre 30 e 45 dias, particularmente no ano 2000. A análise da evolução temporal dos campos de *rol*, divergência de massa e movimento



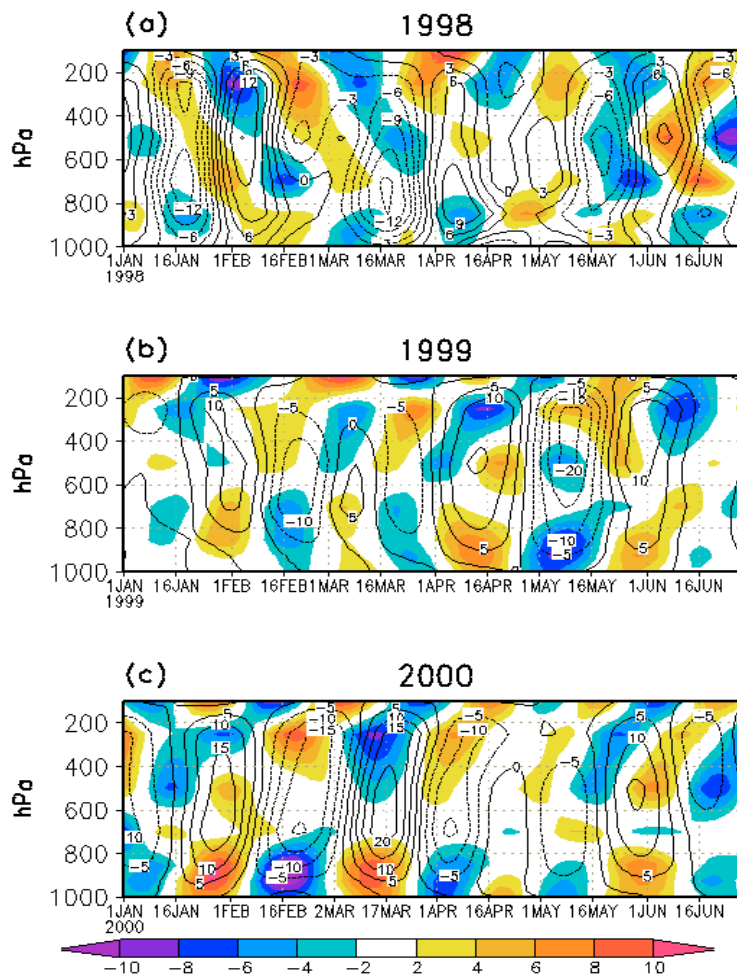


Figura 6 – Séries temporais do corte na vertical na camada entre 1000 hPa e 200 hPa, média na área sobre o Nordeste (mesma área da Fig. 1), das anomalias filtradas da divergência horizontal do vento (contornos hachurados,  $10^{-3} \text{ s}^{-1}$ ) e movimento vertical omega (isolinhas, hPa/s), a partir de dados filtrados na banda de frequência 30-60 dias, para os anos (a) 1998, (b) 1999 e (c) 2000. Intervalo entre os contornos é  $2 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ . Valores de divergência superiores a  $2 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$  e convergência inferiores a  $-2 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$  estão hachurados conforme a barra de cores na base da figura. O intervalo entre os contornos de omega é 5 hPa/s. Valores positivos/negativos de omega são representados por contornos contínuos/tracejados.

vertical confirmam que as ocorrências de episódios secos e chuvosos dentro da estação chuvosa, nos anos de 1999 e 2000, estiveram associadas às oscilações intrasazonais que se propagam dos Oceanos Índico e Pacífico, conhecidas por Oscilações Madden e Julian ou Oscilações 30-60 dias.

Um dos aspectos mais notáveis do estudo, no entanto, foi a observação do acoplamento dinâmico entre baixos e altos níveis na troposfera, com a passagem dos pulsos das oscilações intrasazonais sobre o Nordeste. As fases positivas (negativas) das oscilações no campo das anomalias pluviométricas estiveram associadas à convergência (divergência) anômala de massa em baixos níveis, movimento vertical ascendente (subsidente) anômalo e divergência (convergência) anômala em altos níveis.

Os resultados deste trabalho sugerem que o monitoramento e previsão das oscilações de 30-60 dias pode contribuir para aprimorar a qualidade de previsões climáticas sobre o Nordeste, principalmente no que concerne à variabilidade intrasazonal da pluviometria regional. Estudos em andamento pelos autores deste trabalho incluem a avaliação da reprodutibilidade e previsibilidade das oscilações atmosféricas intrasazonais pelo modelo de circulação geral da atmosfera do CPTEC, com vistas ao seu uso potencial futuro como ferramenta adicional para a realização de previsões climáticas intrasazonais sobre a América do Sul.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Meteorologista Christopher A. C. Castro pelo suporte computacional com a filtragem dos dados; ao CPTEC pelos recursos computacionais e das séries de dados disponibilizados; ao INMET, SUDENE e os Centros Estaduais de Meteorologia e Recursos Hídricos dos Estados do Nordeste pelos dados pluviométricos utilizados. Este trabalho foi parcialmente financiado pelo CNPq através de bolsa PCI do segundo autor.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Duchon, C. E., 1979: Lanczos filtering in one and two dimensions. *J. Appl. Meteor.*, **18**, 1016-1022.
- Goswami, P., e V. Mathew, 1994: A mechanism of scale selection in tropical circulation at observed intraseasonal frequencies. *J. Atmos. Sci.*, **51**, 3155-3166.
- Hastenrath, S., 1984: Interannual variability and annual cycle: mechanisms of circulation and climate in the tropical Atlantic. *Mon. Wea. Rev.*, **112**, 1097-1107.
- Hastenrath, S., e L. Heller, 1977: Dynamics of climatic hazards in north-east Brazil. *Quart. J. R. Meteor. Soc.*, **110**, 411-425.
- Knutson, T. R., e K. M. Weickmann, 1987: 30-60 day atmospheric oscillations: composite life cycles of convection and circulation anomalies. *Mon. Wea. Rev.*, **31**, 1407-1436.
- Kousky, V. E., e M. T. Kayano, 1994: Principal modes of outgoing longwave radiation and 250-mb circulation for the South American sector. *J. Climate*, **7**, 1131-1143.
- Madden, R., e P. R. Julian, 1972: Description of global scale circulation cells in the tropics with a 40-50 day period. *J. Atmos. Sci.*, **29**, 1109-1123.
- Magalhães, A. R., e M. H. Glantz, 1992: *Socioeconomic impacts of climate variations and policy responses in Brazil*, United Nations Environment Program (UNEP), Secretariat for Planning and Coordination State of Ceara (SEPLAN), Esquel Brasil Foundation, 155 pp.
- Mechoso, C. R., S. W. Lyons, e J. A. Spahr, 1990: The impact of sea surface temperature anomalies on the rainfall over Northeast Brazil. *J. Climate*, **3**, 812-826.
- Moura, A. D., e J. Shukla, 1981: On the dynamics of droughts in northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. *J. Atmos. Sci.*, **38**, 2653-2675.
- Nobre, P., A. B. C. d. Melo, e P. C. Bezerra, 2000: Oscilações intrasazonais nos Trópicos e variações pluviométricas sobre o Nordeste do Brasil em 1999. *XI Congresso Brasileiro de Meteorologia*, SBMET, Rio de Janeiro, **1**, 1135-1141.
- Repelli, C. A., E. B. d. Souza, M. F. L. d. Quadro, J. M. B. Alves, e M. S. Sakamoto, 1998: O episódio de chuvas intensas Nordeste brasileiro no final de março/1997: influência da oscilação 30-60 dias. *Rev. Bras. Meteor.*, **13**, 9-18.
- Servain, J. M., 1991: Simple climatic indices for the tropical Atlantic Ocean and some applications. *J. Geophys. Res.*, **96**, 15,137-15,146.
- Uvo, C. B., C. A. Repelli, S. E. Zebiak, e Y. Kushnir, 1998: The relationships between tropical Pacific and Atlantic SST and Northeast Brazil monthly precipitation. *J. Climate*, **11**, 551-562.
- Weickmann, K. M., G. R. Lussky, e J. E. Kutzbach, 1985: Intraseasonal (30-60 day) fluctuations of outgoing longwave radiation and 250 mb streamfunction during northern winter. *Mon. Wea. Rev.*, **113**, 941-961.