



Relação entre a precipitação do leste do Nordeste do Brasil e a temperatura dos oceanos

Geber B. de A. Moura¹, José O. R. de Aragão², José S. P. de Melo¹, Ana P. N. da Silva³, Pedro R. Giongo⁴ & Francinete F. Lacerda⁵

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi correlacionar a precipitação (março a julho) de um grupo de postos homogêneos do setor leste do Nordeste do Brasil (NEB) com Anomalia de Temperatura da Superfície do Mar (ATSM) e identificar áreas de influência deste parâmetro nas chuvas da região. O período de estudo foi de 1945 a 1985 e a análise mostrou influência do Atlântico e Pacífico sobre as chuvas do setor leste, sendo a correlação do Atlântico maior, principalmente na área do Dipolo (correlação maior que 0,6, significativa a $p < 0,05$). Os modos zonal e meridional, descritos por Servain & Arnault (1995) foram detectados durante análises feitas com defasagem temporal ("lags"). No Oceano Pacífico Tropical Leste se encontrou correlações negativas indicando a presença dos ramos descendentes da célula de Walker no setor leste do NEB.

Palavras-chave: ZCIT, El Niño, Walker, dipolo do atlântico, ENOS

Relationship between the rainfall of the eastern Northeast of Brazil and the ocean temperature

ABSTRACT

The objective of this work was to correlate the Northeast of Brazil (NEB) rainfall grouped in one homogeneous cluster with the global sea surface temperature (SST) anomalies. The data covered the period from 1945 to 1985 and the analyses shows that there are influences from the Atlantic and Pacific ocean over the eastern NEB's rainfall, with a higher correlation for the Atlantic, especially in the Dipole area (correlation values greater than 0.6, and $p < 0.05$). The 1995 Servain and Arnault meridional (Atlantic Dipole) and equatorial modes were detected during several lag analyses. In the Eastern Tropical Pacific Ocean in the region of El Niño-3 negative correlations were found, indicating the presence of the descendant branches of the Walker cell in the sector east of the NEB.

Key words: ITCZ, Walker, atlantic dipole, ENSO

¹ DEPA/UFRPE, Av. Dom Manoel de Medeiros s/n. Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife, PE, geber@depa.ufrpe.br; jswami@truentnet.com.br

² DOCEAN/UFPE, Av. Prof. Moraes Rego n. 1235, Cidade Universitária, CEP 50670-901, Recife, PE. E-mail: oribe@ufpe.br

³ Mestranda em Meteorologia do DCA/UEFCG, Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, CEP 58429-140, Campina Grande - PB. E-mail: apns@gmail.com.br

⁴ Mestrando em Engenharia Agrícola do DTR/UFRPE, Av. Dom Manoel de Medeiros s/n. Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife, PE. E-mail: anapaulaeng@yahoo.com.br; giongopr@yahoo.com.br

⁵ ITEP, Av. Prof. Luiz Freire, n. 700, Cidade Universitária, CEP 50740-540, Recife, PE.

INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico tem contribuído de forma significativa na concepção de equipamentos sofisticados capazes de registrar medidas precisas de variáveis oceânicas e atmosféricas nos oceanos tropicais, principalmente após os primeiros anos da década de 1980, quando se descobriu o importante papel físico dos oceanos tropicais sobre a atmosfera terrestre, Alves et al. (1998).

A grande variabilidade climática, tanto sazonal como interanual, no Nordeste do Brasil (NEB), acarreta irregularidade na distribuição espaço-temporal da precipitação, e afeta profundamente as condições socioeconômicas locais; assim sendo, o conhecimento atual sobre o atlântico tropical (Dipolo do Atlântico), em conjunto com as informações sobre os episódios de El Niño/Oscilação do Sul (ENOS), permite que se elaborem previsões sobre as precipitações no NEB, contribuindo de forma efetiva para o planejamento socioeconômico da região. Por este motivo, vários modelos de previsão climática para o Nordeste, já operacionais, vêm sendo utilizados por diversos organismos regionais, nacionais e internacionais, por meio dos quais é possível elaborar prognósticos sobre a qualidade da estação chuvosa, com antecedência de até seis meses para casos extremos de pluviosidade (Moura et al., 2000).

O modo de Dipolo não tem similaridade com o ENOS e se caracteriza pelo gradiente norte-sul na TSM, Moura & Shukla (1981) e Servain (1993). Este modo envolve variações espaciais de TSM nos dois hemisférios entre mais ou menos 20° N-5° N e 5° S-20° S, com variabilidade nas escalas sazonal, interanual e decadal. Uma das hipóteses é que a estrutura desse Dipolo pode ser afetada pelo fenômeno de ressurgência que ocorre na costa sudeste africana e onde a TSM apresenta grande variação térmica. Alguns estudos mais recentes de modelagem numérica sugerem que a resposta termodinâmica entre a TSM, ventos em superfície e os fluxos de calor, é um mecanismo físico importante nas variações inter-hemisféricas de TSM no Atlântico Tropical (Chang & Li, 1997).

Há evidências, também, de que o ENOS pode estar associado com o desenvolvimento do modo de Dipolo de TSM em ambos os hemisférios do Atlântico Tropical (Servain, 1993). A influência remota do ENOS sobre a variabilidade climática no Atlântico Tropical é complicada desde que os modos equatorial e de Dipolo também interagem com o ciclo ENOS, Enfield & Mayer (1997) e Harzallah et al. (1996). Tem-se relatado, nesses estudos, também, a influência do El Niño na TSM de áreas do Atlântico Tropical Norte, Klein et al. (1999) e Hastenrath (2000). Wang (2002) mostrou que uma correlação positiva máxima (0,47) ocorre com um lag de cinco meses entre a TSM no Atlântico Tropical Norte e a região de Niño 3.

Ferreira et al. (2004) fizeram correlação entre a precipitação nas macrorregiões do estado do Ceará, durante a estação chuvosa (janeiro a abril no Cariri e Sertão Central e Inhamuns, e fevereiro a maio no restante do Estado) e a anomalia de TSM nos oceanos Pacífico equatorial (índices de El Niño) e Atlântico tropical para 41 anos de dados (1962 a 2002). A correla-

ção linear encontrada entre a precipitação na macrorregião do Sertão Central e Inhamuns e a anomalia de TSM na bacia sul do Oceano Atlântico tropical, durante o mês de setembro, foi de $r = 0,56$. Altas correlações entre a precipitação na maioria das macrorregiões e o índice de Dipolo, foram encontradas entre os meses de setembro e novembro como, por exemplo, nas macrorregiões do litoral Norte e Jaguaribana, com um valor de $r = -0,53$; também, forte correlação foi encontrada principalmente entre a precipitação na macrorregião da Ibiapaba e os índices do Niño3 e Niño3.4 no mês de janeiro, com um valor de $-0,50$.

Andreoli & Kayano (2007) reexaminaram as anomalias de precipitação no NEB considerando os efeitos do El Niño-Oscilação do Sul (ENOS) e do Atlântico Tropical (AT) na estação anterior à estação chuvosa do NEB. Na ausência de anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (ATSMs) significativas no AT, durante a fase inicial e de desenvolvimento do ENOS, em dezembro, janeiro e fevereiro, entenderam que as anomalias na precipitação são ocasionadas, possivelmente, por padrões de teleconexões associados ao rearranjo da célula de Walker, e em março, abril e maio, por padrões de teleconexões extratropicais. Simultaneamente ENOS e ATSMs significativas no AT atuaram para aumentar ou diminuir as anomalias de precipitação. ATSMs de mesmo sinal no AT e Pacífico leste, enfraqueceram os padrões de precipitação no NEB.

Repelli & Nobre (2004) descreveram um sistema estatístico com análises canônicas de correlação a fim de identificar seqüências críticas de padrões para prever as ATSMs nos oceanos tropicais, com ênfase no Atlântico (SIMOC). Segundo os autores, as estruturas espaciais sobre o Atlântico tropical para a estação chuvosa de março a maio são bem descritas pelas previsões feitas com condições iniciais de setembro a fevereiro.

Muito resta a ser pesquisado com relação à estrutura termodinâmica dos oceanos tropicais, sua circulação, sua variabilidade e sua previsibilidade; no entanto, passos decisivos têm sido realizados. No momento em que se puder prever as ATSMs nos oceanos tropicais com uma pequena margem de erro, com três a quatro meses de antecedência, poder-se-á, então, prever as chuvas no NEB com uma ótima precisão. Hoje, dependendo das condições extremas desses oceanos (ENSO moderados a fortes e Dipolo do Atlântico bem definidos), pode-se prever a precipitação no NEB com antecedência de quatro a seis meses, com pequenas margens de erro (5%).

Os resultados aqui apresentados podem adicionar conhecimentos sobre a variabilidade do clima no NEB a partir das condições dos oceanos Atlântico e Pacífico. O propósito principal é o incentivo a profissionais e a outros pesquisadores a continuarem buscando novas técnicas de conhecimento e formulação de novas metodologias para a previsão do clima do Nordeste do Brasil.

Objetivou-se, neste trabalho, correlacionar a precipitação (março a julho) do setor leste do NEB com anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM) nos oceanos Atlântico e Pacífico defasadas no tempo ("lags") e identificar áreas nos dois oceanos, que influenciam o regime de chuvas.

MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho se utilizaram totais mensais de precipitação registrados em 9 postos pluviométricos, conforme Tabela 1, distribuídos espacialmente ao longo do Setor Leste do Nordeste do Brasil, a partir de dados obtidos junto à Agência de Desenvolvimento do Nordeste (ADENE) e à Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA). Esses dados abrangem um período de observação compreendido entre 1945 e 1991.

As anomalias mensais de temperatura na superfície do mar (TSM) foram extraídas da mais nova versão do Comprehensive Ocean-Atmospheric Data Set (COADS), compilada por da Silva et al. (1994), a qual possui a resolução 1° X 1° de latitude e longitude, para o período de 1945 a 1991.

O período chuvoso do Setor Leste se estende de março a julho de acordo com Moura et al. (1998).

A altura média total de precipitação no período chuvoso (\bar{P}) foi calculada pela Eq. 1.

$$P = \frac{1}{J} \sum_j P_{ij} \quad (1)$$

em que P_{ij} é a precipitação em cada um dos meses do quadri-mestre mais chuvoso, no i -ésimo posto em um dos grupos selecionados, no j -ésimo ano; J é o número total de anos com dados disponíveis para análise.

Procedeu-se, para efeito de estudo, à padronização da precipitação total no período chuvoso em cada posto pluviométrico calculando-se, a partir daí, o Desvio Normalizado Médio \overline{DN}_k para cada grupo de postos a cada ano mediante o emprego da relação:

$$\overline{DN}_k = \frac{1}{N} \sum_i \frac{P_{ij} - \mu}{\sigma} \quad (2)$$

onde, N é o número de postos pluviométricos vinculados a cada grupo, μ é a média da precipitação no período chuvoso e σ o desvio padrão para cada posto.

Para o estudo das correlações lineares entre a precipitação de cada grupo com as anomalias de TSM, as análises se

Tabela 1 Relação das estações pluviométricas homogêneas e localização geográfica

Estação	Latitude (°S)	Longitude (°W)	Altitude (m)
Aracaju (SE)	10,54	37,03	3
Canquaretama (RN)	6,25	35,07	4
Estância (SE)	11,16	37,27	53
João Pessoa (PB)	7,08	34,53	7
Maceió (AL)	9,34	35,47	5
Natal (RN)	5,48	35,13	8
Palmares (PE)	8,41	35,36	109
Recife (PE)	8,02	34,53	4
Salvador (BA)	13,01	38,31	51

fundamentaram na série dos totais de precipitação de março a julho (Desvios Normalizados Pluviométricos) e anomalias de TSM para o período de 1945 a 1985.

Correlações lineares

Aqui se realizaram primeiro, as correlações lineares entre Desvios Normalizado do grupo, com anomalias de TSM em cada ponto de grade até o “lag”-10, isto é, as séries dos Desvios Normalizados pluviométricos em dado período (março a julho) foram correlacionadas com as séries de anomalias (médias de 5 meses) de TSM do mesmo período (lag 0) e dos 10 períodos anteriores (lag -1 até lag -10). O primeiro período (lag 0) corresponde ao período chuvoso de março a julho; o segundo, (lag -1) se refere ao conjunto de 5 meses, de fevereiro a junho. Conseqüentemente, os demais períodos de lags negativos são correspondentes a grupos de 5 meses, seguindo uma seqüência da qual se subtrai sempre um mês; desta forma, o 11º período corresponde ao conjunto de 5 meses, ou seja, de maio a setembro. A Tabela 2 mostra como os lags foram construídos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Variabilidade interanual pluviométrica do setor leste do NEB

A Figura 1 mostra uma comparação entre as séries temporais de precipitação normalizada (Índice de precipitação

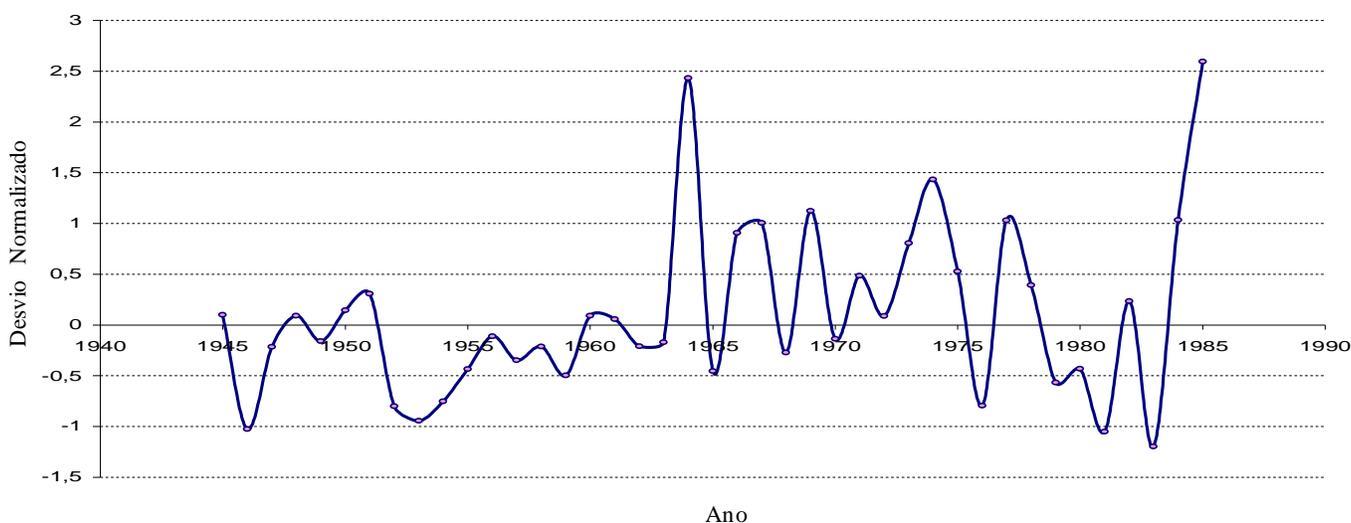


Figura 1. Série temporal do Desvio Normalizado (em unidade de desvio padrão) para o setor Leste do Nordeste do Brasil, no período chuvoso (março a julho)

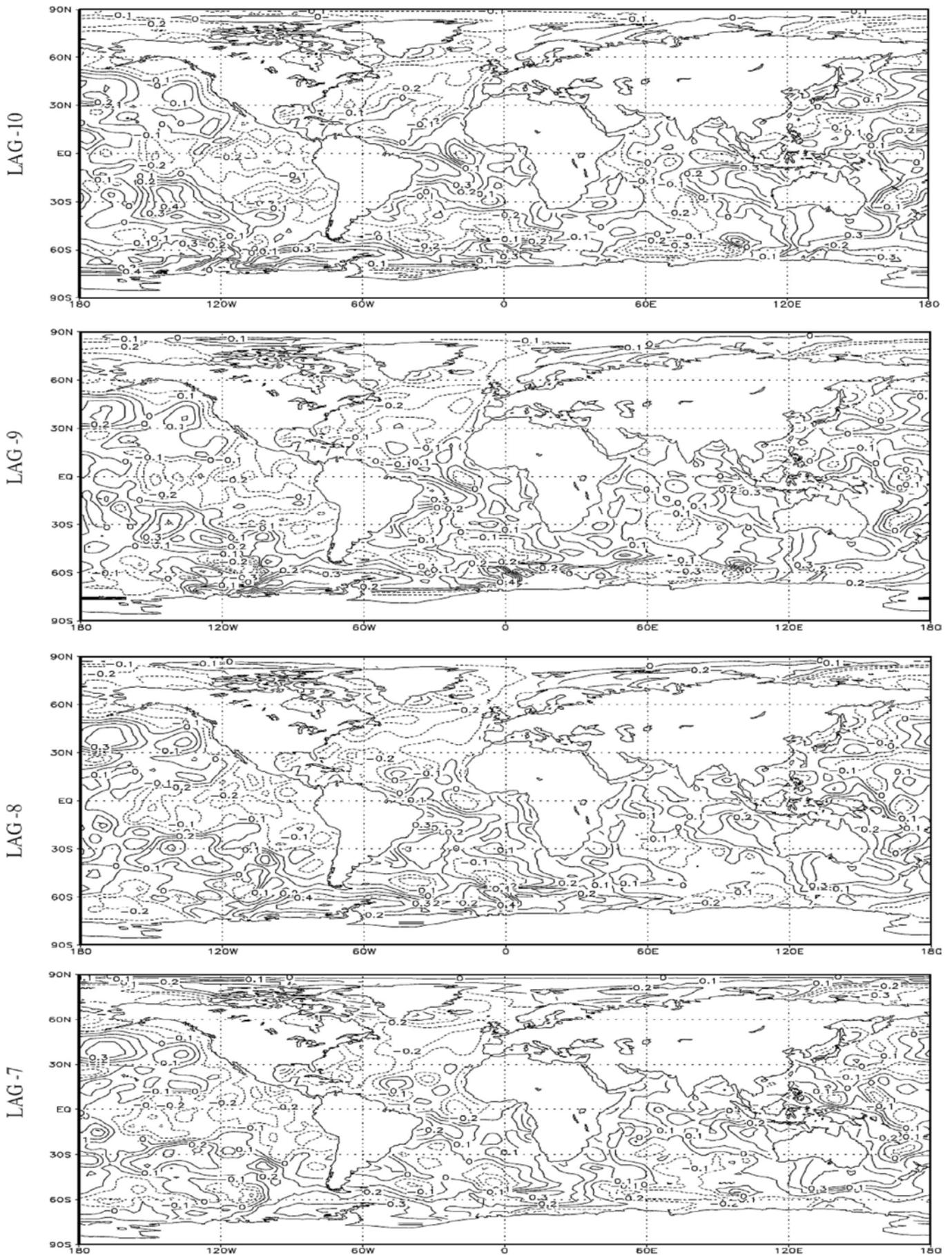


Figura 2 Continua...

Continuação...

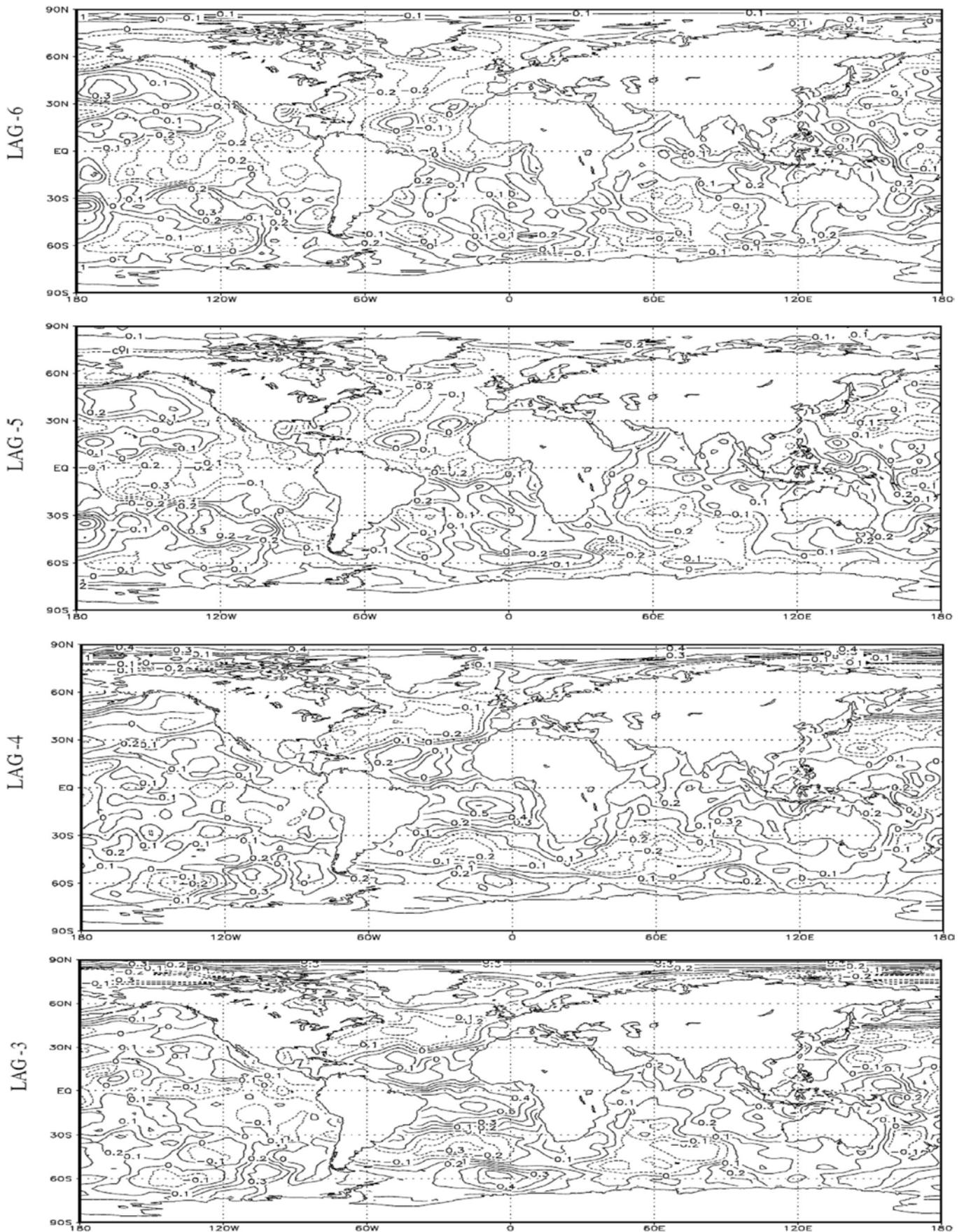


Figura 2 Continua...

Continuação...

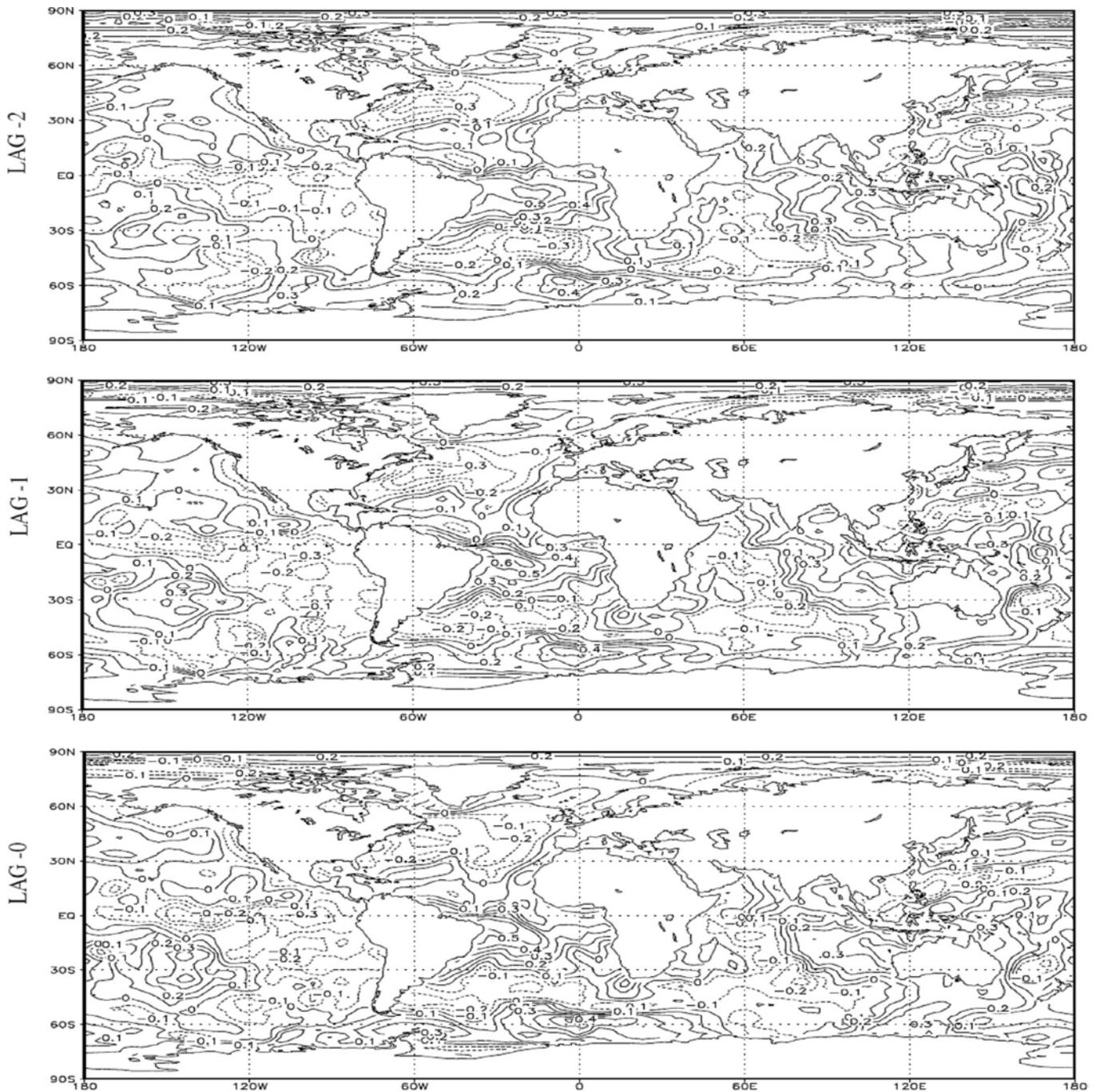


Figura 2 Correlações entre Desvios Normalizados de precipitação (média de março a julho) de uma região homogênea (Salvador, Estância, Maceió, Palmares, Aracaju, Canquaretama, Recife, Natal e João Pessoa), e anomalias de TSM do lag -10 ao lag 0 (de 1945 a 1985)

ção) do grupo de estações do setor leste do NEB no período chuvoso (março a julho); para este grupo, houve dois períodos prolongados em que as chuvas foram bem abaixo da média, os anos de 1952 a 1959, e 1979, 1980 e 1981; nos anos de 1971 a 1975, houve precipitação superior à média climatológica; em 1964, as chuvas se situaram acima da normal climatológica, com um desvio aproximado de 2,5s; de 1971 a 1974 ocorreram chuvas acima da média.

Correlações entre os desvios normalizados de precipitação e as anomalias de TSM

As primeiras análises consistiram em se calcular os coeficientes de correlação entre os Desvios Normalizados e os campos globais de anomalias de TSM para cada ponto de grade dos Oceanos Pacífico e Atlântico, para o lag 0 e os demais lags (diferentes retardos).

Os mapas globais de correlações, mostrados na Figura 2 (Lags 0, -1 e -2), apresentam as correlações entre os Desvios Normalizados e anomalias de TSM's. Pode-se notar,

Tabela 2. Retardos de ATSM com relação ao Desvio Normalizado de Precipitação

Atrasos (lags)	Índices de Precipitação	ATSM
Lag 0	Março a Julho	Março a Julho
Lag -1	Março a Julho	Fevereiro a Junho
Lag -2	Março a Julho	Janeiro a Maio
...
Lag -10	Março a Julho	Maio a Setembro

dos mapas, que há regiões do oceano com correlações negativas no Pacífico leste e central, com máximo concentrados na região do El-Niño 3 ($r > |0,4|$) com significância estatística de $p < 0,05$). Algumas regiões positivamente correlacionadas aparecem no Pacífico, principalmente ao longo do cinturão de altas subtropicais, centrado em 45° sul. Observam-se, também, correlações positivas em 60o Sul e Norte o que é fisicamente coerente, pois as baixas subpolares mais intensas produzem altas sub-tropicais mais intensas que, por sua vez intensificam os alísios de leste sobre o Pacífico e a atuação de fenômeno extratropical é em geral, muito transiente.

Encontram-se setores de correlações negativas ao norte do equador e positivas ao sul (Lags 0, -1, -2, -3 e -4), justamente na área do Dipolo, Moura & Shukla (1981), com maiores correlações positivas ($r > 0,6$ com significância estatística de $p < 0,05$). Quando a ZCIT está no Hemisfério Norte se tem TSM mais quente que o normal, o que gera a seca no NEB; quando a ZCIT está mais ao Sul, junto da costa do NEB, se encontra água mais quente que o normal, o que implica em precipitação acima da média climatológica para o NEB.

Como pode ser observado a partir desses resultados, a influência da distribuição de anomalias de TSM sobre as chuvas do setor leste do NEB sugere, para as estações aqui analisadas, que a influência maior é do Atlântico sul, com correlações positivas em sua maioria, indicando que águas quentes neste oceano afetam positivamente as chuvas, e água mais fria, negativamente.

O oceano Pacífico, por sua vez, apresenta correlações negativas, TSM mais elevada que a média (nos LAGS 0, -1, -2, e -3), representando uma influência negativa nas chuvas do setor leste, como se previa, haja vista que nos episódios El-Niño as águas quentes naquele oceano modificam a circulação de Walker, de forma a provocar subsidência troposférica anômala e reduzir as chuvas no NEB. Por sua vez, durante os episódios de La Niña, a influência do Pacífico é positiva com relação às chuvas no leste do NEB, com aceleração dos movimentos verticais ascendentes, intensificação dos sistemas meteorológicos atuantes, formação de mais nuvens e aumento da precipitação.

As observações nos dois parágrafos anteriores podem ser mais bem avaliadas em estudos realizados pelos autores: Aragão (1986); Aragão et al. (1994; 1996); Aragão (1998), Harzallah et al. (1996) e Roucou et al. (1996).

No Atlântico tropical são vistas correlações positivas e significativas variando de 0,4 a 0,6 na área junto à costa oeste da África (Golfo de Guiné). Ao norte da América do Sul se encontram correlações negativas variando de 0,4 a 0,5. A área de correlações positivas no Golfo de Guiné se move para oeste à medida em que os lags vão diminuindo até alcançar a área adjacente à costa nordestina; este movimento pode ser comparado com o modo zonal descrito por Servain & Arnault (1995) e visto nos mapas apresentados.

Encontram-se, no Atlântico Norte, correlações negativas e significativas junto à Terra Nova variando de 0,4 a 0,6 para lags aqui analisados; este resultado pode estar relacionado com a teleconexão encontrada por Namias (1972). Ele mostrou que a precipitação de fevereiro a maio em Quixeramobim, no Ceará, é correlacionada com a circulação da atmosfera na região da Terra Nova/Groelândia durante as estações precedentes do inverno e da primavera no Hemisfério Norte; tal relação climática está associada com a variação na intensidade e posição da ZCIT e com a teleconexão, conhecida como “Pacific North América” (PNA) que também está relacionado, com o fenômeno ENOS. Quando existe situação de bloqueio na Terra Nova e Groelândia, o anticiclone dos Açores se intensifica movendo a ZCIT mais para o sul, provocando chuvas no NEB; por outro lado, quando existe forte atividade ciclônica na Terra Nova/Groelândia, o anticiclone fica mais fraco, a ZCIT fica mais ao norte que o normal e então ocorre seca no NEB.

CONCLUSÕES

1. A maior correlação entre a precipitação e a TSM do Atlântico é superior à encontrada entre a precipitação e TSM do Pacífico.

2. Anomalias positivas de TSM no Atlântico Tropical sul produzem precipitação sobre o leste do NEB, enquanto anomalias positivas de TSM no Pacífico inibem a chuva no Leste do NEB.

3. Observa-se uma área de correlações positivas no Golfo de Guiné que se move para oeste sempre que os lags vão diminuindo até alcançar a área adjacente à costa nordestina; este movimento pode ser comparado com o modo zonal descrito por Servain & Arnault (1995), e visto nos mapas apresentados.

4. No Atlântico norte as correlações negativas verificadas junto a Terra Nova/Groelândia, variando de 0,4 a 0,6 para todos os grupos aqui analisados, indicam ser relacionadas com as atividades de bloqueio (ou fortalecimento ciclônico) que induzem chuvas intensas (ou secas) no NEB, através do fortalecimento (enfraquecimento) da alta dos Açores, com conseqüente deslocamento para sul (ou para norte) da ZCIT.

LITERATURA CITADA

Alves, J. M. B.; Souza, E. B.; Silva, R. A. A. Um estudo observacional da relação da temperatura com o vento junto à superfície na bacia do oceano Atlântico Tropical. Revista Atmosfera e Água, n.4, v.2, p.4-10, 1998.

- Andreoli, R. V.; Kayano, M. T. A importância relativa do Atlântico Tropical Sul e Pacífico leste na variabilidade de precipitação do Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.22, n.1, p.63-74, 2007.
- Aragão, J. O. R. A general circulation model investigation of the atmospheric response to El Niño. Colorado: National Center for Atmospheric Research/CT-100, 1986, 144p. Ph. D Thesis
- Aragão, J. O. R. O impacto do ENSO e do dipolo do Atlântico no nordeste do Brasil. *Bulletin Institut Français Études Andines*, v.27 n.3, p.839-844, 1998.
- Aragão, J. O. R.; Roucou, P.; Harzallah, A.; Fontaine, B.; Janicot, S. Variabilité atmosphérique sur le Nordeste brésilien dans le modèle de circulation générale du LMD (1970-1988). *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, Atenas. Resumos... Panglotis Maheras n.7. 1994, p.432-438.
- Aragão, J. O. R.; Roucou, P.; Harzallah, A.; Fontaine, B.; Janicot, S. A influência dos oceanos Atlântico e Pacífico sobre a circulação atmosférica e a chuva na região semi-árida do Nordeste do Brasil: Simulação e Observação. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 9, 1996, Campos do Jordão. Anais... Campos do Jordão: SBMET. 1996, p.830-833.
- Chang, P. L.; Li, H. A decadal climate variation in the tropical Atlantic ocean from thermodynamic air-sea interactions. *Nature*, v.385, p.516-518, 1997.
- Enfield, D. B.; Mayer, D.A. Tropical Atlantic TSM variability and its relation to El Niño-Southern Oscillation. *Journal of Geophysical Research Letter*, v.102, p.929-945, 1997.
- Ferreira, F. F.; Alves, J. M. B.; Costa, A. A. Um estudo dos impactos das temperaturas da superfície do mar (TSM) em macrorregiões, pluviométricamente homogêneas, no Estado do Ceará. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.12, n.1, p. 193-204, 2004.
- Harzallah, A.; Aragão, J. O. R.; Sadorny, R. Interannual rainfall variability in northeast Brazil: Observation and model simulation. *International Journal of Climatology*, v.16, p.861-878, 1996.
- Hastenrath, S. In search of zonal circulation in the equatorial Atlantic sector from the NCEP-NCAR reanalysis. *International Journal of Climatology*, v.21, p.37-47. 2000.
- Klein, S. A.; Soden, B. J.; Lau, N. C. Remote sea surface temperature variations during ENSO: Evidence for tropical Atmospheric bridge. *Journal of Climate*, v.12, p.917-932. 1999.
- Moura, A. D.; Shukla, J., On the dynamics of the droughts in northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. *Journal of the Atmospheric Science*, v.38, n.12, p.2653-2673. 1981.
- Moura, B. A. G.; Aragão, J. O. R.; Lacerda, F. F.; Passavante, J. Z. O. Relação entre a precipitação no setor leste do Nordeste do Brasil e a temperatura da superfície nos oceanos Atlântico (área do dipolo) e Pacífico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.4, n.2, p.247-251. 2000.
- Moura, B. A. G.; Aragão, J. O. R., Passavante, J. Z. O.; Lacerda, F. F.; Rodrigues, R. S.; Ferreira, M.A.F., Lacerda, F.R.; Souza, I.A. Estudo preliminar da variabilidade pluviométrica do setor leste do Nordeste do Brasil: Partes I e II. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 10, e Congresso da FLISMET, 8, 1998, Brasília, Anais... São Paulo: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1998. CD Rom.
- Namias, J. Influence of Northern Hemisphere general circulation on drought in Northeast Brazil. *Tellus*, v.24, n.4, p.336-343. 1972.
- Repelli, C.A.; Nobre, P. Statistical prediction of sea-surface temperature over the tropical Atlantic. *International Journal of Climatology*, v.24, p.45-55. 2004.
- Roucou, P.; Aragão, J. O. R.; Harzallah, A.; Fontaine, B.; Janicot, S. Vertical motion changes related to northeast Brazil rainfall variability: A GCM simulation. *International Journal of Climatology*, v.16, p.879-891, 1996.
- Silva, A. M. da; Young, C. C.; Levitus, S. Atlas of surface marine data. Washington: NOAA Atlas Nesdis 6. v.1, 88p. 1994, Algorithms and procedures
- Servain, J. Simple climatic indices for the tropical Atlantic ocean and the some applications. *Journal Geophysical Research*, v.96, n.8, p.15137-15146, 1993.
- Servain, J.; Arnault, S. Forecasting abnormal climatic events in the tropical Atlantic ocean. *Annals Geophysicae*, v.13, p.995-1008, 1995.
- Wang, C. Atlantic climate variability and its associated atmospheric circulation cells. *Journal of Climate*, v.15, p.1516-1535, 2002.