

ANÁLISE DA VARIAÇÃO DA PRESSÃO EM TAHITI E SUA RELAÇÃO COM A RADIAÇÃO DE ONDAS LONGAS EMERGENTES SOBRE O BRASIL

André Gonçalo dos Santos¹

Resumo: O objetivo do estudo foi analisar a relação entre a oscilação da pressão atmosférica ao nível do mar (PNM) em Tahiti e a variação da radiação de ondas longas emergentes (ROLE) sobre o Brasil. Para esse propósito, foi utilizado um conjunto de dados de reanálise do NCEP/NCAR de PNM e ROLE para um período que compreende duas fases da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP), uma fase fria (1948-1976) e outra quente (1977-1998). Primeiramente, foi construída uma série temporal do índice de PNM de padronizado em Tahiti (IPT), que foi correlacionado com o campo de ROLE sobre o Brasil. Os resultados sugeriram uma forte correlação entre as duas variáveis, com nível de significância estatística de até 99% em ambas as fases. Correlações adiantadas também foram feitas entre o IPT e a ROLE, e o resultado indicou o IPT como um bom previsor com até cinco meses de antecedência.

Palavras-Chave: Significância Estatística; ROLE; ODP; Previsibilidade.

ANALYSIS OF PRESSURE VARIATION IN TAHITI AND ITS RELATION WITH OUTGOING LONGWAVE RADIATION ON BRAZIL

Abstract: The objective of the study was to analyze the relationship between the oscillation of sea level pressure (SLP) in Tahiti and the variations in the outgoing longwave radiation (OLR) on Brazil. For this purpose, we used a set of reanalysis SLP and OLR data from NCEP / NCAR for a period comprising two phases of the Pacific Decadal Oscillation (PDO): a cold phase (1948-1976) and a warm one (1977-1998). Firstly, a temporal series of the standardized SLP index in Tahiti was developed; the series was then collated with the OLR field over Brazil. The results suggested a strong correlation between the two variables, with a statistical significance level of up to 99% in both phases. High correlations were also established between the standardized SLP index in Tahiti and the OLR, and the results indicated that this index is a good predictor for an antecedence of up to 5 months.

Keywords: statistical significance; OLR; PDO; predictability.

¹ Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental (DEHA) – Universidade Federal do Ceará – UFC. andregs9@yahoo.com.br
Estudos Geográficos, Rio Claro, 9(2): 89-98, jul./dez. 2011 (ISSN 1678—698X)
<http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/estgeo>

INTRODUÇÃO

A pressão atmosférica ao nível médio do mar (PNM) é uma variável considerada de grande importância para se estudar a circulação planetária e sua relação com o clima, pois, a PNM varia continuamente no espaço e no tempo, em consequência do aquecimento diferencial, tanto latitudinal como entre continentes e oceanos, provocando deslocamentos horizontais e verticais de massas de ar, que redistribuem calor sensível e calor latente.

Na América do Sul, grande parte da variabilidade interanual do clima é modulada pelos efeitos dos fenômenos El Niño-Oscilação Sul (ENOS) e a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP), que, segundo MANTUA (1997), caracteriza-se por uma oscilação da temperatura da superfície (TSM) do Oceano Pacífico, com variabilidade mais longa que a dos episódios ENOS, e escala temporal média de 50 a 60 anos, com duas fases, uma fase fria e outra quente, com duração de 20 a 30 anos cada fase. As variações de TSM associadas ao ENOS e a ODP interagem com a atmosfera sobre o Pacífico, mudando o campo de pressão e, por sua vez, a circulação atmosférica sobre o Brasil, causando um deslocamento do ramo ascendente (descendente) da célula de Hadley-Walker, que tem influência direta sobre a variação da Radiação de Onda Longa Emergente (ROLE) nesta área.

A ROLE se caracteriza como o fluxo radiante de energia, resultante da emissão dos gases atmosféricos e de superfícies líquidas e sólidas da Terra, que está compreendida em um intervalo de 4 a 100 μm (VILANI *et. al.*, 2010; AGUIAR *et. al.*, 2011).

Estudos envolvendo a radiação são importantes por ser considerada uma das principais fontes de energia para os processos físicos que ocorrem na biosfera terrestre (LEITÃO, 1994).

Nuvens convectivas em regiões tropicais, quanto mais elevadas forem seus topos, menor será sua temperatura e emissão de ROLE. Se a região estiver coberta com nuvens de topo frio as anomalias serão negativas, caso contrário, as anomalias serão positivas. Em geral, anomalias negativas (positivas) estão associadas a totais pluviométricos maiores (menores). Os baixos valores de ROLE no topo da atmosfera são usados para caracterizar regiões de convecção profunda (DUTTON *et. al.*, 2000).

Em seu estudo ZHANG (1993) conclui que a ROLE pode ser usada de maneira confiável, principalmente em grandes escalas de tempo, para detectar áreas de atividades convectivas que estão associadas com a formação de nuvens de convecção profunda. E segundo XIE & ARKIN (1998), a maior parte das precipitações da região tropical estão associadas às convecções profundas.

Contudo, pensou-se em explorar, neste estudo, a série de PNM padronizada da região de Tahiti localizada no oceano Pacífico, devido a sua proximidade com o Brasil, e procurar estabelecer possíveis relacionamentos de sua variabilidade com as variações interanuais e interdecadais no campo de ROLE. A série também foi explorada no que se refere ao seu caráter preditivo correlacionado ao campo de ROLE, com o objetivo de auxiliar no planejamento das atividades socioeconômicas.

MATERIAIS E MÉTODOS

MATERIAIS UTILIZADOS

Para o estudo da variação da pressão em Tahiti e sua relação com o campo de radiação de ondas longas emergentes (ROLE), foi utilizado um conjunto de dados de reanálises disponível no ESRL/PSD/NOAA (Earth System Research Laboratory, Physical Science Division, National Oceanic Administration Atmospheric) de PNM e ROLE em pontos de grade de 2,5° x 2,5°, de Abril a Julho para um período de 1950 a 1998, correspondente a duas fases da ODP, uma fria (1948 a 1976) e a outra quente (1977 a 1998). Os dados foram adquiridos no site do www.cdc.noaa.gov e são descritos com detalhes em KALNAY ET AL. (1996).

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende todo território nacional brasileiro, que está localizado entre os paralelos de 5°16' de latitude norte e 33°44' de latitude sul, e entre os meridianos de 34°47' e 73°59' de longitude oeste, com uma área total de 8.514.876 km².

O relevo Brasileiro é formado por planaltos e planícies. Os planaltos ocupam a maior parte do território nacional.

Os principais climas do Brasil são: equatorial, semiárido, tropical, tropical de altitude e subtropical.

CONSTRUÇÃO DO ÍNDICE DE PRESSÃO EM TAHITI (IPT)

Na elaboração do índice de pressão em Tahiti (IPT), foi utilizado dado de reanálises de pressão ao nível médio do Mar, de Janeiro a Dezembro para o período de 1948 a 2009, disponível no ESRL/PSD/NOAA, para o domínio geográfico de Tahiti, localizada na coordenada (lat: -9°69'17.29" e lon:- 151°23'04.76"), que fica na região central do Pacífico Tropical Sul.

O software utilizado no calculo estatístico na elaboração do IPT foi à planilha calc do openoffice/broffice. E na elaboração dos campos, foi utilizado o software meteorológico Grid Analysis and Display System (GrADS) na correlação do índice IPT com as variáveis em estudo. Após a criação do índice, utilizamos uma ferramenta interativa do site www.cdc.noaa.com, para realização das correlações com a variável em questão.

CÁLCULO ESTATÍSTICO

Formulação matemática:

Eq. (1)

No qual: O IPT é a padronização dos dados, em que P_{ij} é o valor encontrado em um determinado ano (i) no mês (j).

— —

Eq. (2)

Onde \bar{x} é o valor médio de um dado mês (j).

$$\frac{\sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})^2}{n} \quad \text{Eq. (3)}$$

É s o desvio padrão médio para um dado mês (j), do período de estudo.

COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON

Segundo SCHULTZ E SCHULTZ (1992) um dos métodos mais conhecido para medir a correlação entre duas variáveis é o Coeficiente de Correlação Linear de Pearson, estudado por Francis Galton e Karl Pearson em 1897. A hipótese básica para o emprego deste coeficiente é de que o relacionamento entre as duas variáveis sejam linear.

O coeficiente de Pearson é conhecido como correlação ordinária ou correlação linear. Ele é uma ferramenta simples e eficiente para estimar o grau de relacionamento entre duas variáveis quaisquer. Os valores da correlação estão limitados no intervalo de -1 e 1.

A formulação utilizada para calcular o coeficiente de correlação de Pearson é:

$$\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad \text{Eq. (4)}$$

Para qual, "i" é o ano inicial, "n" o ano final.

\bar{x} e \bar{y} são as médias aritméticas das variáveis x e y .

A partir disso, se as duas variáveis correlacionadas apresentarem uma reta crescente (decrecente), a correlação é positiva (negativa), ao maior (menor) grau de associação, é atribuído o valor 1 (-1).

A correlação apenas dá uma noção do grau de relacionamento das variáveis, porém não implica uma relação de causa e efeito.

Foi utilizado um teste de hipótese que qualifica os valores das correlações e determina a significância estatística dos resultados encontrados, ou seja, o nível de significância dos coeficientes de correlação. Essa técnica determina o quão significativos são os resultados. A tabela 1 mostra os resultados do cálculo dos níveis de significância em relação aos valores das correlações e o grau de liberdade (nesse caso, os anos).

A tabela 1 explica, por exemplo, que dado um grau de liberdade de 28 (correspondente aos anos da fase fria da ODP de 1948 a 1976) anos, os testes de nível de significância indica que, para um coeficiente de correlação com valor em módulo de 0,44, tem-se uma significância de 99% de chance que as variáveis realmente estejam correlacionadas. Ou seja, apenas 1% de chance que a hipótese nula se confirme, ou seja, que as variáveis não estejam relacionadas.

TABELA 1: Graus de liberdade e os níveis de significância dos coeficientes de correlação.

Graus de Liberdade	0,90	0,95	0,98	0,99	1,00
20	0,319	0,377	0,441	0,512	0,557
21	0,310	0,367	0,431	0,500	0,545
22	0,302	0,358	0,421	0,489	0,533
23	0,295	0,350	0,411	0,479	0,522
24	0,289	0,343	0,403	0,469	0,512
25	0,282	0,336	0,395	0,460	0,503
26	0,276	0,329	0,387	0,451	0,493
27	0,270	0,322	0,380	0,443	0,485
28	0,265	0,316	0,373	0,436	0,476
29	0,260	0,311	0,366	0,428	0,469
30	0,255	0,305	0,360	0,421	0,461
40	0,219	0,264	0,312	0,366	0,402

Fonte: ESRL/PSD/NOAS.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

ANÁLISE DOS COEFICIENTES DE CORRELAÇÕES ESPACIAIS

Foi realizado um diagnóstico da ROLE na fase fria (1948 a 1976) e quente (1977 a 1998) da ODP sobre o território brasileiro, correlacionando-o com o IPT (Figura 1).

A Figura 1 é uma representação gráfica da série temporal do IPT para um período de 59 anos, com uma média móvel de 11 meses, para filtrar o ciclo anual. Observa-se que essa série apresenta um padrão interanual de variação com uma similaridade ao Índice de Oscilação Sul. Em geral, os desvios positivos (negativos) estão associados a eventos La Niña (El Niño).

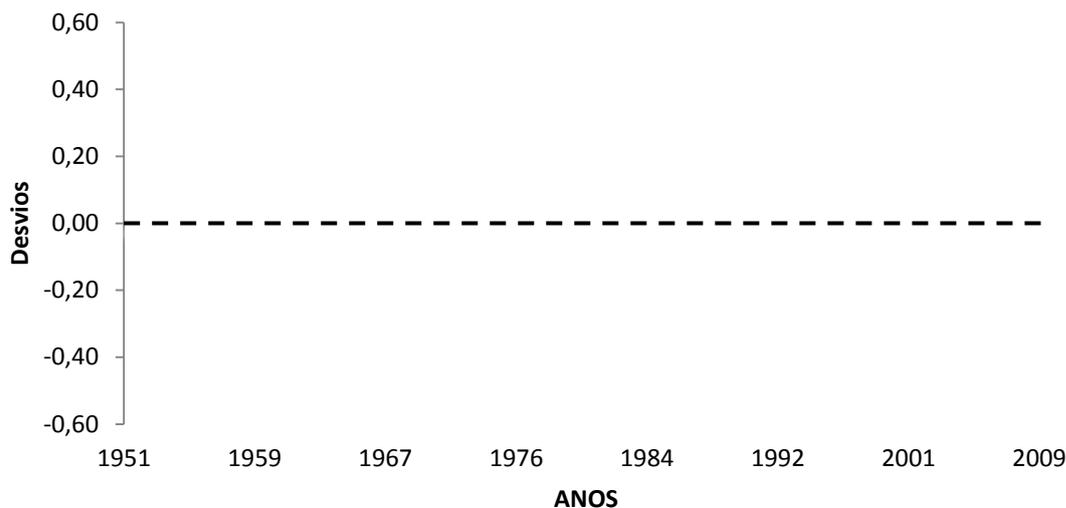


Figura 1: Índice de Pressão em Tahiti (IPT) para o período 1951 a 2009, com a média móvel de 11 meses. Fonte: Do autor.

As correlações do índice de pressão em Tahiti (IPT) com a ROLE foi feita para a fase fria (1948 a 1976) e quente (1977 a 1998) da ODP e seus resultados são mostrados a seguir.

ANÁLISE DA CORRELAÇÃO DA ROLE COM O IPT

Na análise da correlação espacial da ROLE com o IPT na FF da ODP (figura 2a), é encontrado no norte do Nordeste uma faixa de valores de coeficientes de correlações negativas (correlação inversa), entre -0,3 a -0,5 com níveis de significância estatística entre 90% a 99%, sugerindo que quando a PNM em Tahiti aumentar (La Niña), a cobertura de nuvens convectivas também aumentará nesta região, causando uma redução de emissão da ROLE e um aumento na pluviosidade (LUCENA e GOMES FILHO, 2011). Este aumento na nebulosidade poderia ser interpretado como posicionamento da Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) mais ao sul de sua posição média e a penetração sistemas frontais oriundos do hemisfério norte no norte do Nordeste (MOLION e BERNARDO, 2002). No Sul e Sudeste do Brasil, os coeficientes de correlações mostraram-se positivos (correlação direta), indicando menor cobertura de nuvens convectivas nessas áreas, intensificando a evasão da ROLE, o que indica uma redução nas precipitações quando houver um aumento da pressão (La Niña) em Tahiti (NERY, 2006), caracterizando uma situação oposta ao do norte do Nordeste.

Na FQ da ODP (Figura 2b), o resultado sugere valores variando entre -0,3 e -0,5 sobre Roraima, extremo noroeste do Pará e oeste do Amapá, o que assinala uma redução de ROLE sobre essas áreas, quando houver um aumento na PNM em Tahiti (La Niña). Que pode estar relacionada com a intensificação do ramo ascendente da célula de Hadley-Walker com a atuação do fenômeno La Niña. Nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, foram observados coeficientes positivos, com níveis de significância entre 90% a 98%, indicando uma relação direta entre a PNM em Tahiti e a redução da nebulosidade, ou seja, aumento da ROLE.

Tabela 2: Graus de liberdade e os níveis de significância estatística.

Significância Estatística	
S.E	G.L (28)
90%	0,265
95%	0,316
98%	0,373
99%	0,436
100%	0,476

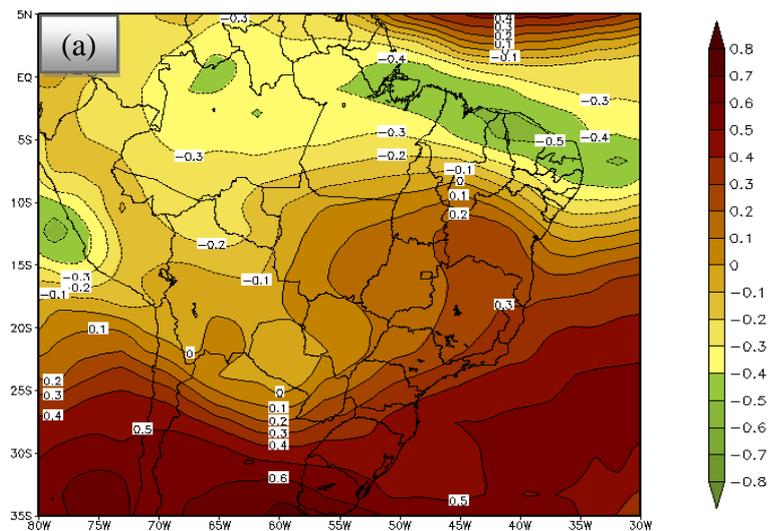


Tabela 3: Idem a tabela 2, só que fase quente.

Significância Estatística	
S.E	G.L (21)
90%	0,310
95%	0,367
98%	0,431
99%	0,500
100%	0,545

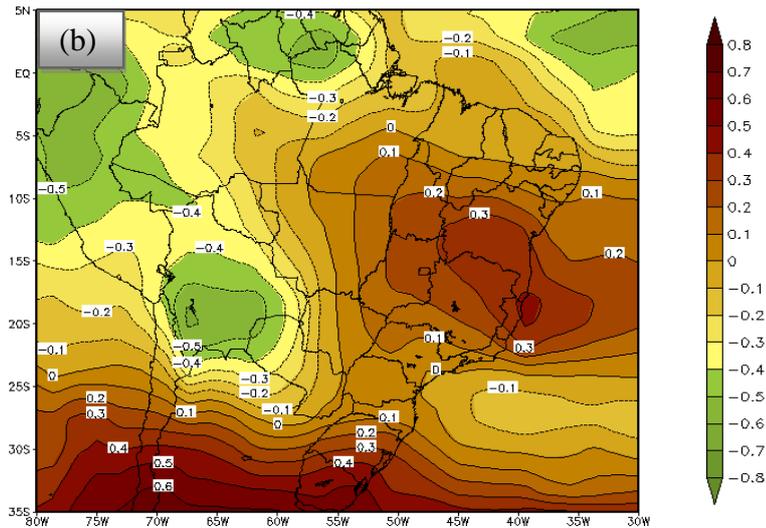


Figura 2: Coeficientes de Correlação da ROLE com o IPT na fase fria (a) e fase quente (b) da ODP. Fonte: Do autor.

ANÁLISE DAS CORRELAÇÕES DO IPT ADIANTADO

A seriedade da correlação adiantada está no tempo indispensável que se obtém para estabelecer um planejamento consistente na agricultura e em outras atividades sociais. A correlação espacial do IPT adiantado em cinco meses com relação a ROLE resultou em coeficientes maiores em módulo, para a FQ da ODP (Figura 3b) que para a FF (Figura 3a). Na FF, os valores não alcançaram nível de significância desejado (90%), porém apresentaram os sinais coerentes como, por exemplo, coeficientes negativos nos trópicos. Na FQ da ODP, significância estatística entre 95% e 99% são encontrados no sul do país (Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná) implicando em probabilidades altíssimas, que quando a pressão em Tahiti aumentar (La Niña), e se esse aumento persistir, cinco meses mais tarde haverá uma intensificação na evasão da ROLE nesta região. Por outro lado, em uma grande parte do Leste do Nordeste (Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas e Sergipe), leste do Ceará e norte da Bahia, as correlações mostraram-se inversas, com significância estatística acima de 95%, denotando que quando a pressão aumentar no Pacífico Tropical Sul (Tahiti), e este aumento persiste, existirá uma probabilidade de 95% que cinco meses mais tarde, seus efeitos causarão uma redução da ROLE nestas regiões. Contudo nesta análise, o IPT se mostrou como um bom predictor da ROLE na FQ da ODP.

Tabela 4: Graus de liberdade e os níveis de significância estatística.

Significância Estatística	
S.E	G.L (28)
90%	0,265
95%	0,316
98%	0,373
99%	0,436
100%	0,476

Tabela 5: Idem a tabela 2, só que fase quente.

Significância Estatística	
S.E	G.L (21)
90%	0,310
95%	0,367
98%	0,431
99%	0,500
100%	0,545

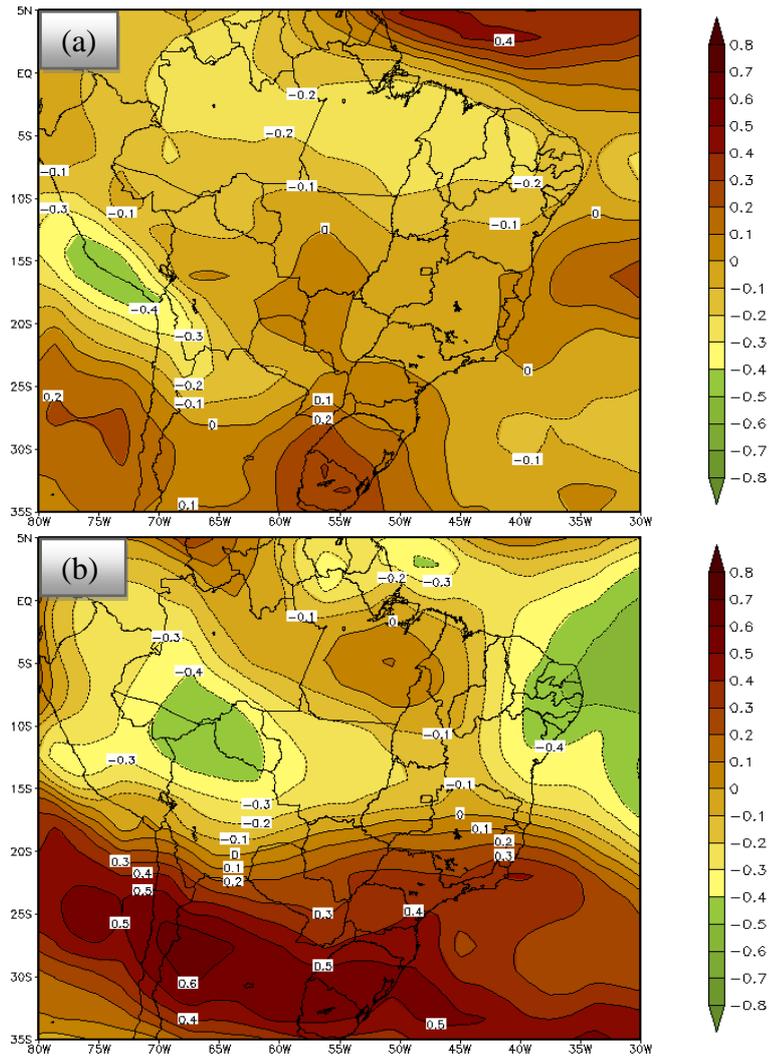


Figura 3: Coeficientes de correlação espacial entre o IPT, adiantado em cinco meses, e a ROLE (w/m^2) para as fases (a) fria (1948 a 1976) (b) quente (1977 a 1998) da ODP. Fonte: Do autor.

CONCLUSÕES

Neste estudo, procurou-se avaliar a correlação entre a oscilação da pressão na Ilha de Tahiti, localizada no Pacífico Tropical e a ROLE sobre o Brasil. Contudo, com base nos objetivos, e por meios dos resultados, concluímos que:

As correlações feitas entre o IPT e a ROLE foram significativas em várias regiões do Brasil, como na Região Norte, norte do Nordeste, Sul e Sudeste, mostrando níveis de significância estatística de até 99% na FF da ODP. Já com relação à FQ, os coeficientes de correlações foram abaixo do esperado, com exceção dos valores (negativos) encontrados no extremo noroeste da região Norte, com nível de significância estatística de até 99%. Dessa forma, ficou evidente a forte influência entre a oscilação da pressão em Tahiti e a variação da ROLE no Brasil.

O IPT avançado em cinco meses se adequou como uma ótima ferramenta de previsão da ROLE, mostrando-se melhor na fase quente da ODP, com nível de significância estatística entre 95% e 99%, sobre o sul do país (Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná) e em uma grande parte do Leste do Nordeste (Rio Grande

do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas e Sergipe), leste do Ceará e norte da Bahia com correlações inversas. Deste modo, o estudo mostrou a forte relação existente entre a variação da pressão em Tahiti e a oscilação da evasão da ROLE no Brasil, além de propiciar uma nova ferramenta de previsão desta variável.

REFERÊNCIA

AGUIAR, L. J. G.; COSTA, J. M. N.; FISCHER, G. R.; AGUIAR, R. G.; DA COSTA, A. C. L.; FERREIRA, W. P. M.. Estimativa da Radiação de Onda Longa Atmosférica em Áreas de Floresta e de Pastagem no Sudoeste da Amazônia. **Revista Brasileira de Meteorologia** (Impresso), v. 26, p. 215-224, 2011.

DUTTON JF, CRIS J POULSEN & JENNI L EVANS. 2000. The effect of global climate change on the regions of tropical convection in CSM1. **Geophys. Res. Lett.**, 27(19): 3049-3052.

LEITÃO, M. M. V. B. R. Balanço de Radiação em três ecossistemas da Floresta Amazônica: campina, campinarana e mata densa. São José dos Campos. 135p. (INPE 5587 - TDI/549). **(Dissertação)** – Pós Graduação em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1994.

LINDZEN RS. 1990. Some Coolness Concerning Global Warning. **Bulletin of the American Meteorological Society**, 71: 288-299.

LUCENA, D. B.; GOMES FILHO, M. F.; SERVAN, J. . AVALIAÇÃO DO IMPACTO DE EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS NOS OCEANOS PACÍFICO E ATLÂNTICO SOBRE A ESTAÇÃO CHUVOSA NO NORDESTE DO BRASIL. **Revista Brasileira de Meteorologia** (Impresso), v. 26, p. 297-312, 2011.

MANTUA, N.J., S.R. HARE, Y. ZHANG, J.M. WALLACE, and R.C. FRANCIS, 1997. A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. **Bulletin of the American Meteorological Society**, 78, pp. 1069-1079.

MOLION, L.C.B.; BERNARDO, S.O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira Meteorologia**, 17(1)1-10, 2002.

NERY, J. T.. Dinâmica Climática da Região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 01, p. 61-75, 2006.

VILANI, M.T.; SANCHES, L.; PINHEIRO, M.R; JUNIOR, O.B.P.; Estimativa da radiação de onda longa incidente em uma floresta semidecídua tropical da Bacia Amazônica. **Ciência e Natura**, UFSM, 32(1): 65 - 81, 2010.

ZHANG, C. 1993. Large-scale variability of atmospheric deep convection in relation to sea surface temperature in the tropics. **J. Climate**, 6: 1898-1913.

XIE P & ARKIN A. 1998. Global monthly precipitation estimates from satellite-observed outgoing longwave radiation. **J. Climate**, 11: 137-164.

Artigo submetido em: 26/08/2012

Aceito para publicação em: 04/10/2012

Publicado em: 21/11/2012