

# O IMPACTO DAS ANOMALIAS DE TSM DO OCEANO PACÍFICO TROPICAL SUL SOBRE O PADRÃO DE PRECIPITAÇÃO NA AMAZÔNIA

José Augusto P. Veiga \*, David Mendes \*\*, Marcos Cezar Yoshida \*

\* programa de Pós-Graduação em Meteorologia - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos campos, SP, Brasil Cep: 12227-010

(e-mail: [jaugusto@met.inpe.br](mailto:jaugusto@met.inpe.br), [mcezar@met.inpe.br](mailto:mcezar@met.inpe.br))

\*\* Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Cachoeira Paulista, SP, Brasil Cep: 12630-000  
(e-mail: [david@cptec.inpe.br](mailto:david@cptec.inpe.br))

## ABSTRACT

Using monthly mean rainfall and sea surface temperature data from 1980 to 1997 we have studied the associations between rainfall over Amazon area represented by ICC and sea surface temperature anomalies in four regions at Tropical Pacific Ocean, being they: El Niño 1+2, 3, 3.4 and 4 with intention to sight when and where there are the greatest associations. The results finded shows very Amazon sub-regions represented by ICC (normalized rainfall) and sea surface temperature anomalies associations in any lags. The greatest correlation (negative) between both were find over Amazon sub-region 4 and SST anomalies in El Niño 1+2, 3 and 3.4. This agree with previous results of several works.

## 1. INTRODUÇÃO

Todo ano por volta da época do natal, na costa do Peru e nas proximidades da costa do Equador as águas oceânicas normalmente frias próximas a essa localidade são invadidas e dão lugar à águas com temperatura bem mais elevadas que são associadas com o movimento de uma corrente que flui para Sul denominada El Niño. Esse deslocamento da corrente quente que ocupa a região de águas mais frias é diretamente ligado ao enfraquecimento dos alísios de sudeste (SE) sobre o oceano Pacífico Sul onde geralmente são fracos durante os meses de verão Austral (Bjerknes, 1966; Wooster e Guillén, 1974; Hickey, 1975; Kousky et al. 1994). Geralmente em anos de El Niño nessas regiões existe um excessivo aquecimento das águas oceânicas e permanência de anomalias quentes de TSM durante vários meses.

O elo entre o El Niño Oscilação Sul (ENOS) e as chuvas em várias regiões do globo tem sido investigado a muitos anos atrás e inclusive na época corrente (Rasmusson e Carpenter, 1983; Kiladis e Dias, 1989; Kane R. P. 1997 entre outros em anos recentes), mas estudos cada vez mais acurados e com técnicas bem avançadas, ainda, são necessárias para tentar explicar esta particularidade que é peculiar da interação oceano-atmosfera, uma vez que as pesquisas sobre tal fenômeno seguirão ainda por muitos anos.

Com o objetivo de investigar o padrão de precipitação em escala regional e global que tinham associação com o ENOS, Ropelewski e Halpert (1987) observaram que 4 regiões na Austrália, duas na América do Norte, duas na América do Sul, duas na Índia, duas na África, e uma na América Central, apresentavam variações no padrão de precipitação associado ao fenômeno. Nota-se, então, que este fenômeno causa consideráveis variações climáticas em muitas regiões do globo, o que pode ser bem dispendioso para países que dependem da agricultura, como por exemplo as regiões indianas, onde a qual depende muito das chuvas dos sistemas de monção, onde em anos de El Niño o povo dessa região sofre com a falta dela e com isso sendo a colheita de grãos muito baixa (Webster et al. 1998).

Sobre o Brasil, estudos indicam que, existem 3 áreas de atuação do El Niño, nas regiões do semi-árido do Nordeste, norte e leste da Amazônia e sul do Brasil. A região sul do Brasil é afetada por aumento de precipitação durante a primavera no primeiro ano. O Norte e leste da Amazônia junto com o Nordeste são afetados pela diminuição da precipitação. Observa-se então a importância que este fenômeno tem com relação as variabilidades climáticas dentro de uma escala mundial. Desta forma, este trabalho tem como objetivo principal observar as relações existentes entre as anomalias de TSM sobre o Pacífico tropical e as características da estação chuvosa, em sub-regiões sobre a Amazônia. Os dados e aspectos climáticos são descritos na seção 2. A metodologia proposta está presente na seção 3. Na seção 4 e 5 são descritos os resultados e conclusões, respectivamente.

## 2. DADOS E ASPECTOS CLIMÁTICOS

### a) OS DADOS DE PRECIPITAÇÃO E DE ANOMALIAS DE TSM

Para este estudo foram usados dados médios mensais de chuva normalizados pelo desvio padrão para uma rede de estações com 300 postos meteorológicos (PM) bem distribuídos sobre a Amazônia e anomalias médias normalizadas de TSM nas áreas do El Niño 1+2, 3, 3.4 e 4 para o período de 1980-97 (18 anos). Os dados de precipitação foram obtidos a partir da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) onde existiam um total de 508 PM sobre a região de estudo. Foram, então, retirados os PM que apresentavam dados médios mensais abaixo de 10 anos (208), desta forma restando os 300 PM do presente trabalho (Fig. 1), dessa maneira, sendo possível ser feito uma climatologia confiável da região.

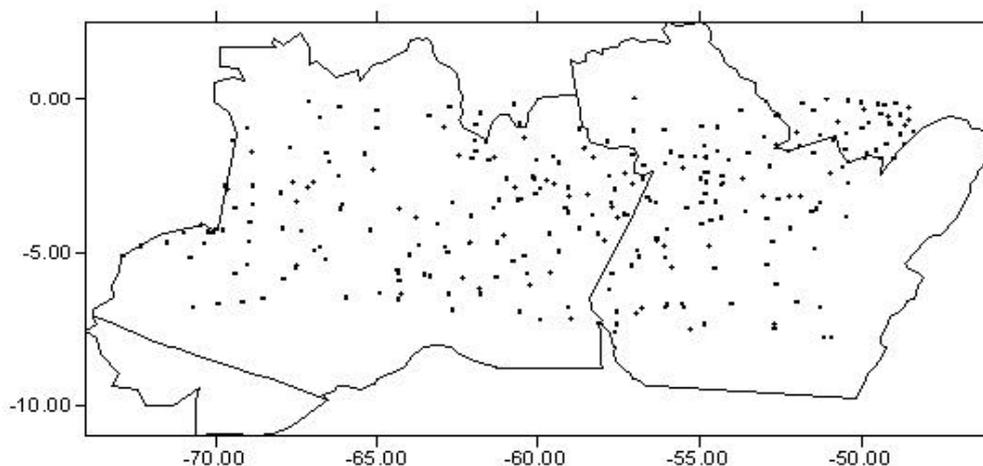


Figura 1. Distribuição dos 300 postos meteorológicos sobre a Amazônia brasileira usados para representarm os campos de precipitação. Todos os postos meteorológicos indicados nesta figura apresentam dados médios mensais de chuva acima de 10 anos.

### b) O OCEANO PACÍFICO TROPICAL SUL

Os dados de TSM foram obtidos a partir do National Center for Environmental Prediction (NCEP). O espaço de grade para a análise dos dados de médias mensais de TSM estão em uma resolução de 2.0° para ambas latitude e longitude para o mesmo período usado aqui pelos dados de chuva. Primeiramente foram feitas as médias de 3 meses de TSM nas áreas do Niño 1+2, 3, 3.4 e 4 (Fig. 2) para cada mês dos anos de 1979 à 1997, então desses valores calculou-se os desvios normalizados.

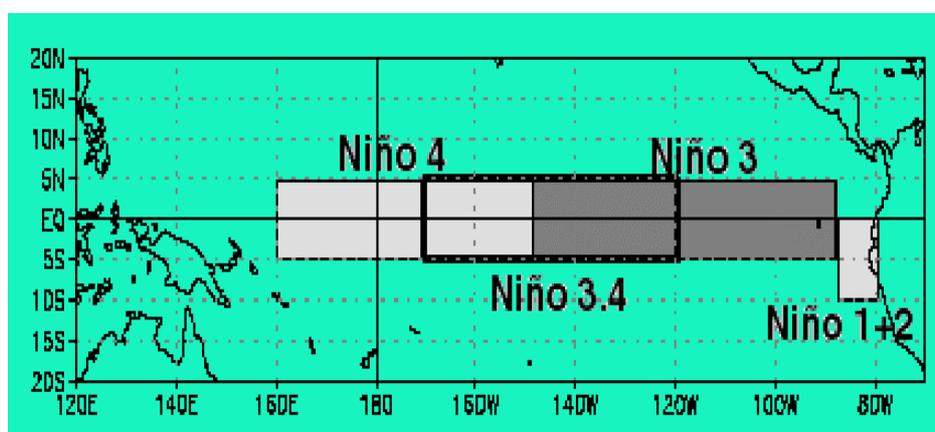


Figura 2- Representação esquemática das áreas dos Niños 1+2, 3, 3.4 e 4 sobre o oceano Pacífico.

### 3. METODOLOGIA

A partir dos dados de chuva para cada um dos 300 PM foi feita uma climatologia média mensal dos 3 meses que apresentam a maior contribuição de precipitação na Amazônia. Com os dados do trimestre mais chuvoso, de cada PM, foi possível dividir a Amazônia em sub-regiões que apresentassem características de chuva diferentes (anexo 2). Dessa forma, calculo-se um índice de chuva climatológico (ICC) normalizado para representar cada uma das regiões subdivididas (Fig. 3).

O cálculo para obter o ICC é dado por:

$$ICC = \frac{(\sum_{i=1}^3 TC) - (\overline{TC})}{DP(TC)}$$

Onde

TC representa os três meses mais chuvosos de cada PM.

DP é o desvio padrão dos TCs da série de dados.

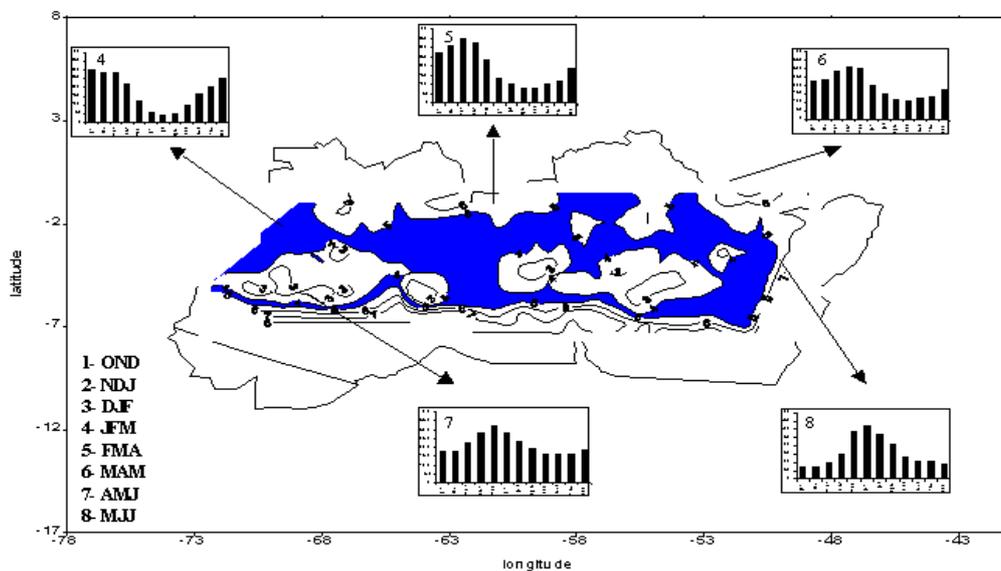


Figura. 3. Mapa da climatologia média mensal de precipitação para período de 3 meses sobre a região da Amazônia. As cinco sub-regiões com maior densidade de postos meteorológicos são indicadas com setas que mostram sua climatologia média mensal para o período de estudo. A região sombreada (azul) é a que possui maior densidade de dados na Amazônia.

Para o estudo do impacto do Oceano Pacífico Tropical Sul (OPTS) sobre as características da estação chuvosa nas sub-regiões da Amazônia foi selecionado 4 sub-regiões de climatologia homogênea que apresentassem maior densidade de PM. Os dados de ICC para cada sub-região foram correlacionados com os dados médios trimestrais, de anomalias de TSM (normalizados) em tempos defasados e simultâneo. As áreas escolhidas para o estudo são denominadas: região 4, 5, 6 e 7, onde as datas de janeiro-fevereiro-março (JFM), fevereiro-março-abril (FMA), março-abril-maio (MAM) e abril-maio-junho (AMJ), representa seus respectivos períodos chuvosos. Após isso, foram calculados os índices normalizados de TSM para as diferentes regiões do Oceano Pacífico (Niño 1+2, Niño 3.4 e Niño 4). E com os dados normalizados de chuva, para o mesmo período da TSM, foi feita a correlação entre os ICC de cada sub-região e as anomalias normalizadas de TSM em intervalos de tempo defasados e coincidentes. Esse tipo de correlação em períodos coincidente e defasados possibilita-nos observar, quando e onde se dá, as maiores associações entre as chuvas na Amazônia e a TSM no Pacífico.

## 4. RESULTADOS

A análise de correlação linear entre as diferentes áreas da Amazônia, dividida por sub-regiões, e as anomalias de temperatura da superfície do mar do oceano Pacífico são comentadas nesta seção:

O teste que foi feito neste trabalho com relação a correlação em lags pode ser resumido na tabela 1 (anexo).

Como pode ser observado na figura 3, a região 4 que apresenta JFM como os três meses mais chuvosos possui a maior densidade de PM da região amazônica e o domínio da mesma com relação ao padrão de chuvas. A análise da correlação linear entre o ICC da região 4 (fig. 4) e as anomalias de TSM em diferentes intervalos, mostrou, que as áreas dos Niños 1+2, 3 e 3.4 nos meses de janeiro a março estão correlacionadas negativamente (-0.52) com as chuvas de JFM. Com o teste t de Student pode se verificar que as áreas do Niño 1+2 e Niño 3 são as que apresentam maiores significâncias.

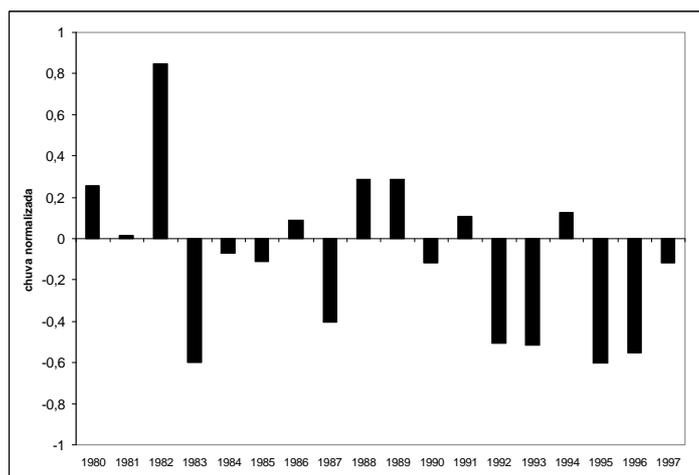


Figura 4. Índice de chuva climatológico para a sub-região 4 da Amazônia e valor o qual foi correlacionado com os índices normalizados de TSM.

A região 5 que apresenta seu período mais chuvoso nos meses de FMA também apresentou correlações negativas com as anomalias de TSM sobre o Pacífico, mas a mais significativa correlação foi observada durante os meses de Janeiro a março, ou seja, um mês de defasagem na correlação. Sobre a região 6 e 7 as correlações também são negativas no caso da primeira não existe alguma defasagem e na segunda região as correlações apesar de serem negativas não apresentaram significância estatística. Para a sub-região 5 o padrão de correlação indica que quando as águas sobre as áreas de maiores correlações estão acima da média espera-se em média que os meses de JFM apresentem anomalias negativa de precipitação para esse período e vice versa.

As baixas correlações entre as anomalias de TSM e as chuvas na Amazônia sobre as sub-regiões 5, 6 e 7 pode ser devido a baixa densidade de PM que cada uma delas apresenta. A forma pela qual as anomalias de TSM no Oceano Pacífico influencia o padrão de chuvas na sub-região 4 da Amazônia é o bem conhecido deslocamento da célula de Walker que ocorre em anos de forte aquecimento anômalo das águas na costa do Peru ocasionando condições de subsidência em larga escala sobre a região amazônica, o que inibe a formação de nuvens e por sua vez a escassez de chuva é esperada, veja figura 4 para o ano de 1982-83.

## 5. DISCUSSÃO

Foram usados dados de anomalias de temperatura da superfície do mar providos do NCEP e precipitação média mensal a partir do banco de dados da ANNEL para que pudessemos observar as relações existentes entre ambas. Para isso foram usados índices normalizados de chuva média de três meses (ICC), obtidos para cada sub-região de estudo, e TSM para o período de 1980 a 1997. Os resultados encontrados mostraram que existe uma significativa associação entre o padrão de chuvas em cada sub-região da Amazônia e as anomalias médias de TSM para diferentes áreas de atuação do El Niño. As correlações mais significativas, encontradas pelo teste t de Student, foram observadas entre a sub-região 4 e as áreas do Niño 1+2, 3 e 3.4, sendo que todas negativas e no mesmo período da estação chuvosa, ou seja, os lags de correlação não apresentaram valores tão significativos quanto ao período de JFM. Indicando, dessa forma, que para anos de forte anomalias positivas de TSM sobre as áreas do Niño 1+2, 3 e

3.4 espera-se chuvas abaixo da média sobre a sub-região 4. Na sub-região 6, observou-se significativa correlação negativa entre as chuvas do período (MAM) e TSM sobre a região do Niño 1+2 (JFM), na sub-região 5 as associações foram mais intensas em JFM, ou seja, existiu uma relação mais significativa em 1 mes de defazagem. A baixa associação entre as chuvas da sub-região 7 com as anomalias de TSM sobre o Pacífico pode ser devido ao baixo número de PM dentro da mesma, o que poderia mascarar os resultados para esta localidade.

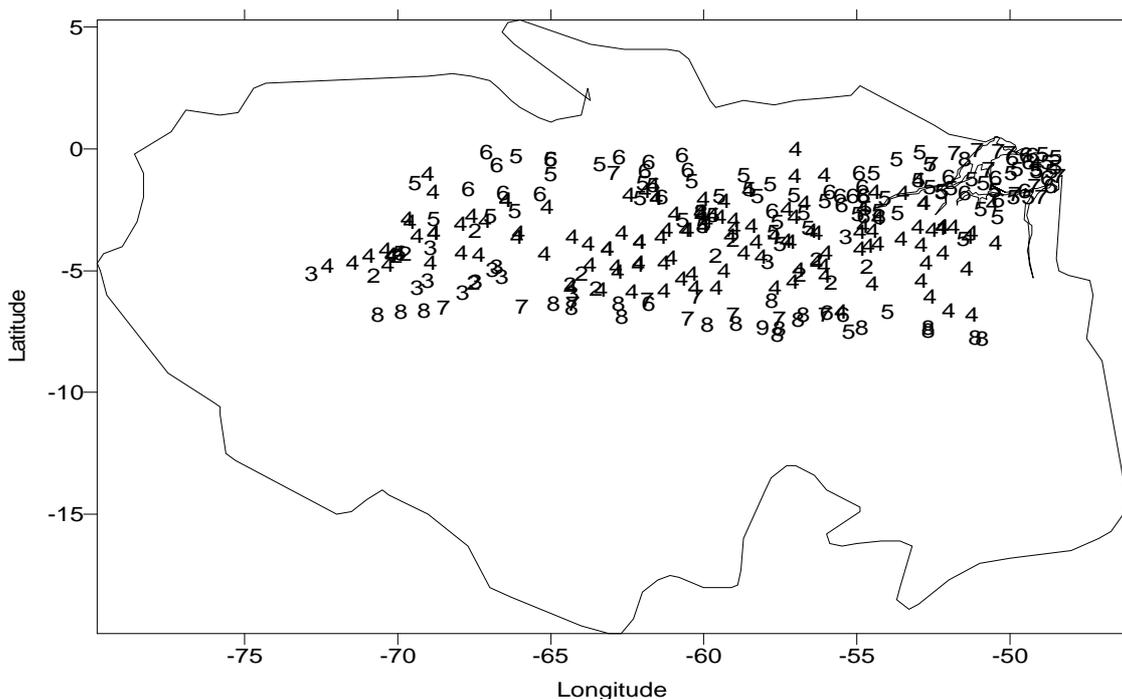
## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BJERKNES, J.: A possible response of the atmospheric Hadley circulation to equatorial anomalies of ocean temperature. **Tellus** 18, 820-829. 1966.
- HICKEY, B.: The relationship between fluctuations in sea level, wind stress and sea surface temperature in the equatorial Pacific. **J. Phys. Oceanogr.** 5, 460-475. 1975.
- KANE P. R.: Relationship of El-Niño-Southern Oscillation and Pacific Sea Surface Temperature with Rainfall in Various Regions of the Globe. **Month. Weath. Rev.** 125, 1792-1800, 1997.
- KILADIS, G. N., e H. F. Dias : Global climatic anomalies associated with extremes in the Southern Oscillation. **J. Climate**, 2. 1069-1090. 1989.
- KOUSKY V. E., Kagano M. T. e Cavalcanti I. F.: A review of the Southern Oscillation: oceanic-atmospheric circulation changes and related rainfall anomalies. **Tellus.** 36A, 490-504. 1984.
- RASMUSSON, E. M., e J. H. Carpenter.: The relationship between eastern equatorial Pacific sea surface temperature and rainfall over India and Sri lanka. **Mon. Wea. Rev.**, 111. 517-528. 1983.
- ROPELEWSKI C. F. e M. S. Halpert.: Global and Regional Scale Precipitation Patterns Associated with the El Niño/Southern Oscillation. 115. 1606-1626. 1987.
- WEBSTER, E S; MAGAÑA V. O.; PALMER T. N.; SHUKLA J. TOMAS R. A.; YANAI M.; YASUNARI T. Monsoons: Processes, Predictability, and the prospects for prediction. **Journal of Geophysical Research**, 103, 14.451-14.510. 1998.
- WOOSTER. W. S. E GUILLÉN, O.: Characteristics of El Niño in 1972. **J. Mar. Res.** 32, 387-404. 1974.

## 6. ANEXO

ANEXO 1. VALORES DAS CORRELAÇÕES LINEARES ENTRE O ÍNDICE CLIMÁTICO DE CHUVA (ICC), PARA CADA REGIÃO, E AS ANOMALIAS NORMALISADAS DE TSM DO OCEANO PACÍFICO NAS REGIÕES DE INFLUÊNCIA DO EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL. AS DATAS DAS CORRELAÇÕES EM INTERVALOS COINCIDENTES E DEFAZADOS SÃO INDICADAS A DIREITA DOS VALORES DE CORRELAÇÃO. FOI FEITO O TEST T DE STUDENT PARA 90% (ASTERÍSTICO) E 95% (DUPLO ASTERÍSTICO) DE SIGNIFICÂNCIA ESTATÍSTICA.

NIÑO	NIÑO	NIÑO	NIÑO	MESES	LOCAL
1+2	3	3.4	4		
-0.52**	-0.47**	-0.43*	-0.31	jan-mar	
-0.37	-0.35	-0.38	-0.31	dez-fev	REGIÃO 4
-0.32	-0.34	-0.37	-0.29	nov-jan	
-0.43	-0.30	-0.30	-0.25	fev-abr	
-0.39*	-0.32	-0.32	-0.26	jan-mar	REGIÃO 5
-0.34	-0.33	-0.33	-0.21	dez-fev	
-0.43*	-0.35	-0.32	-0.29	mar-mai	
-0.33	-0.31	-0.34	-0.32	fev-abr	REGIÃO 6
-0.24	-0.32	-0.36	-0.29	jan-mar	
-0.11	-0.07	-0.17	-0.16	abr-jun	
-0.14	-0.14	-0.24	-0.22	mar-mai	REGIÃO 7
-0.1	-0.13	-0.25	-0.27	fev-abr	



Anexo 2. Área da Amazônia legal que representa a distribuição de precipitação média de 3 meses como indicado pela figura 3. Os números indicam as sub-regiões divididas sobre a Amazônia onde foram extraídos os ICC.