



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

SAMYR BARATA CHEBLY

MODULAÇÃO DA ANOMALIA DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR NA PRECIPITAÇÃO DO LITORAL NORDESTE DO PARÁ

Nº: 361

**BELÉM – PA.
AGOSTO – 2015**

SAMYR BARATA CHEBLY

**MODULAÇÃO DA ANOMALIA DA TEMPERATURA DA
SUPERFÍCIE DO MAR NA PRECIPITAÇÃO DO LITORAL
NORDESTE DO PARÁ**

Trabalho de Conclusão do Curso,
apresentado à Faculdade de Meteorologia
do Instituto de Geociências da Universidade
Federal do Pará – UFPA, para obtenção do
grau de Bacharel em Meteorologia.

Orientadora: Prof. Dra. Maria Isabel
Vitorino.

BELÉM – PA

2015

Dados Internacionais de Catalogação de Publicação (CIP)
Biblioteca do Instituto de Geociências/SIBI/UFPA

Chebly, Samyr Barata, 1983-

Modulação da anomalia da temperatura da superfície do mar na precipitação do litoral Nordeste do Pará / Samyr Barata Chebly. – 2015.

56 f : il. ; 30 cm

Inclui bibliografias

Orientador: Maria Isabel Vitorino Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de Meteorologia, Belém, 2015.

1. Precipitação (Meteorologia) - Pará. 2. Oceano-Temperatura-Pará. 3. Correlação (estatística). 4. Costa, Pará, Nordeste. I. Título.

CDD 22 ed. 551.57728115

SAMYR BARATA CHEBLY

**MODULAÇÃO DA ANOMALIA DA TEMPERATURA DA
SUPERFÍCIE DO MAR NA PRECIPITAÇÃO DO LITORAL
NORDESTE DO PARÁ**

Trabalho de Conclusão do Curso,
apresentado à Faculdade de Meteorologia
do Instituto de Geociências da Universidade
Federal do Pará – UFPA, para obtenção do
grau de Bacharel em Meteorologia.

Data de aprovação: ____/____/____.

Conceito: _____.

Banca Examinadora:

Prof.: Maria Isabel Vitorino
Doutora em Meteorologia
Universidade Federal do Pará

Prof.: Jose Carvalho de Moraes
Mestre em Meteorologia
Universidade Federal do Pará

Prof.: Dimitrie Nechet
Especialista em Meteorologia Tropical
Universidade Federal do Pará

“Independentemente das circunstâncias, devemos ser sempre humildes, recatados e despidos de orgulho.”

Dalai Lama

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por essa oportunidade que surgiu em minha vida.

À minha família, em especial minha mãe Neura Maria Barata Chebly que sempre me apoio e me dando conselhos e ajudando em todos os momentos, e que acompanhou de perto essa trajetória em minha vida e também ao meu pai Klyh Han Chebly e irmãos Alexei Barata Chebly e Stepan Barata Chebly por estarem em comigo em todos os momentos bons e difíceis que passei, pela evolução que tive tanto intelectualmente e psicologicamente.

A minha orientadora e professora Maria Isabel Vitorino que me concedeu a oportunidade de ser voluntário no Laboratório de Meteorologia Sinótica (LABSIN) e também foi essencial na elaboração deste trabalho e de aprimorar os meus conhecimentos, pelos conselhos, pela paciência e também pelo seu bom humor, pela sua maneira de se expressar que sempre gostei, e pelo voto de confiança a mim dado, ajudando também na minha formação acadêmica e profissional.

Aos meus amigos e amigas, Alessandra Azevedo, Robson de Sousa, Wagner Leite, Diemerson Lima, Adiane Alcântara, Sione Valente, Layana Roberta, Suane Martins, Ingrid Lima, Thallis Sampaio, Jamily Dias, Kamila, André Oliveira, Rafael Sacramento, Robson Castro, Natalia, Simone, Jefferson Inayan, Jefferson Oliveira, Rennon Gabriel, Layrson Menezes, Abnoã Costa e a todos que ajudaram direto ou indiretamente.

A Universidade Federal do Pará, onde aprendi a gostar e aprender sobre o curso de Meteorologia e a importância dessa profissão para a sociedade.

.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.”

José de Alencar

RESUMO

O presente estudo visa mostrar a influência da anomalia de temperatura da superfície do mar (aTSM) na precipitação do litoral nordeste do Pará dos seguintes municípios: Salinópolis-PA, Soure-PA, Tracuateua-PA e Vila de Cuiarana localizada no Município de Salinópolis-PA. Para isso foram utilizados dados diários e mensais de precipitação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e da Torre Meteorológica do Sítio experimental Modesto Rodrigues (UFPA/UFRA) e de aTSM semanal e mensal que foram compilados do National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), para o período de 2010 a 2014. Foram analisados dados de 5 anos mensalmente entre aTSM e precipitação (PRP) e também técnicas estatísticas de correlação defasadas (2 a 4 meses) entre Índice de oscilação Sul (IOS) e PRP, IOS e Anomalia de Precipitação (aPRP), sendo uma com período de 5 anos e outra com 6 meses para os eventos mais significativos de El Niño e La Niña, de cada localidade. Os resultados mostram a influência do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) na precipitação local da região em estudo. Neste sentido, observou-se que durante o período de El Niño há uma redução nas chuvas, enquanto que no período de La Niña há um aumento nas chuvas, sendo que em Soure-PA observou-se uma precipitação mais acentuada que as demais localidades: Cuiarana-PA, Salinópolis-PA e Tracuateua-PA. No entanto, os resultados mostram que nos períodos de 2010 a 2014 obteve-se correlações defasadas positivas, ocorrendo um melhor resultado em Cuiarana-PA com 0,43 e as demais localidades abaixo de 0,1, enquanto nos períodos dos eventos de El Niño e La Niña obteve-se também correlações positivas, sendo que no período de El Niño em Salinópolis-Pa com 0,46 e Tracuateua de 0,33 e no período de La Niña em Cuiarana-PA 0,45 e Soure-PA 0,69. Para o estudo de caso semanal, notou-se uma relação direta entre aTSM semanal e precipitação semanal, relacionados com os fenômenos de El Niño e La Niña.

Palavras-chave: Precipitação. Anomalia de Temperatura da Superfície do Mar (TSM). Correlação. Litoral Nordeste do Pará.

ABSTRACT

The present study aims to show the influence of temperature anomaly of sea surface (SSTA) in the precipitation of the northeast coast of Pará the following municipalities: Salinópolis-PA, Soure – Pa, Tracuateua-PA and Cuiarana village in the municipality of Salinópolis-PA . For that were used daily and monthly rainfall data from the National Institute of Meteorology (INMET) and the Meteorological Tower experimental Sitio Modesto Rodrigues (UFPA / UFRA) and weekly and monthly SSTA that was compiled in the National Oceanic Atmospheric Administration (NOAA) for the period 2010 to 2014 were analyzed five years of monthly data between SST and precipitation (PRP) as well as statistical techniques for lagged correlation (2-4 months) between Southern Oscillation Index (SOI) and PRP, IOS and Anomaly Precipitation (APRP), one with 5 years and another 6 months for the most significant events of El Niño and La Niña, in each location. The results show the influence of the El Nino Southern Oscillation (ENSO) in the local precipitation of the study area. In this regard, it was observed that during the El Nino there is a reduction in the rainfall, while the period Nina La there is an increase in the rain, and in Soure-PA was observed a greater precipitation than other locations: Cuiarana-PA, Salinópolis-PA and Tracuateua-PA. However, the results show that in the period 2010 to 2014 was obtained lagged positive correlations occurring results in a better Cuiarana-PA with other locations 0.43 and below 0.1, while at the times of events El Nino and La Niña also obtained positive correlations, and the El Niño period in Salinópolis-Pa with 0.46 and 0.33 Tracuateua and the period of La Niña in Cuiarana-PA 0.45 and Soure-PA 0, 69. For the study of weekly case, there has been a direct relationship between SSTA weekly and weekly rainfall related to the phenomena of El Niño and La Niña.

Keywords: Precipitation. Anomaly of Sea Surface Temperature (ASST). Correlation. Coastline Northeast in Pará.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Esquema da circulação durante anos Normais (a), anos La Niña (b) e anos El Niño (c).....	20
Figura 2- Efeitos do El Niño (a) e La Niña (b) no clima.....	21
Figura 3- Esquema de águas mais quentes (frias) no Atlântico Sul Tropical e mais frias (quentes) no Atlântico Norte Tropical estão associadas com anos chuvosos (secos) no NE, ou seja, Padrão de Dipolo da TSM no Atlântico Tropical ...	23
Figura 4- Representação geográfica das medições dos Oceanos Pacífico e Atlântico...	26
Figura 5. Representação geográfica região de estudo	27
Figura 6. Anomalia de TSM e Precipitação de Cuiarana – PA e climatologia INMET mensal do período de 2010 a 2014.....	32
Figura 7. Anomalia de TSM e Precipitação de Salinópolis – PA e climatologia INMET mensal do período de 2010 a 2014.....	33
Figura 8. Anomalia de TSM e Precipitação de Soure – PA e climatologia INMET mensal do período de 2010 a 2014.....	34
Figura 9. Anomalia de TSM e Precipitação de Tracuateua – PA e climatologia INMET mensal do período de 2010 a 2014.....	35
Figura 10. Dispersão defasada em Cuiarana – PA da precipitação em relação ao Índice de Oscilação Sul ao período de 2010 a 2014.....	36
Figura 11. Dispersão defasada em Salinópolis – PA da precipitação em relação ao Índice de Oscilação Sul ao período de 2009 a 2014.....	37

Figura 12. Dispersão defasada em Soure – PA da precipitação em relação ao Índice de Oscilação Sul ao período de 2009 a 2014.....	38
Figura 13- Dispersão defasada em Tracuateua – PA da precipitação em relação ao Índice de Oscilação Sul ao período de 2009 a 2014.....	39
Figura 14. Dispersão defasada de 3 meses para o período de El Niño em Salinópolis (a), Soure (b) e Tracuateua (c), entre anomalia de precipitação com ao Índice de Oscilação Sul do período de 2009 e 2010.....	40
Figura 15. Dispersão defasada de 3 meses para o período de La Niña em Cuiarana – PA (a), Salinópolis – PA (b), Soure –PA (c) e Tracuateua – PA (d), entre anomalia de precipitação (aPRP) com ao Índice de Oscilação Sul (IOS) do período de 2010 e 2011.....	42
Figura 16. Precipitação Semanal e Anomalia de Temperatura da Superfície do Mar Semanal de janeiro de 2010 a março de 2010, na fase de El Niño.....	44
Figura 17. Anomalia da Temperatura da Superfície do Mar Semanal Global na fase do El Niño.....	45
Figura 18. Estimativa da posição média pentadal da ZCIT, em Janeiro (a), Fevereiro (b) e Março (c) de 2010, a partir da localização dos mínimos valores de ROL ao longo do Oceano Atlântico Equatorial. A linha preta é indicativa da posição média climatológica da ZCIT nestes meses.....	47
Figura 19. Precipitação Semanal e Anomalia de Temperatura da Superfície do Mar Semanal de janeiro de 2011 a março de 2011, na fase de La Niña.....	48
Figura 20. Anomalia da Temperatura da Superfície do Mar Semanal Global na fase do La Niña.....	49

Figura 21- Estimativa da posição média pentadal da ZCIT, em JANEIRO (a), Fevereiro (b) e Março (c) de 2011, a partir da localização dos mínimos valores de ROL ao longo do Oceano Atlântico Equatorial. A linha preta é indicativa da posição média climatológica da ZCIT nestes meses..... 51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Intensidade do El Niño e de La Niña durante o período de 2010 a 2014. Descrição: Forte (vermelho) e (azul) períodos de frio com base em um limite de +/- 0,5 ° C para o Índice Niño Oceanic (ONI) [3 mês consecutivo média de anomalias de TSM ERSST.v3b na região Niño 3.4 (5 ° N-5 ° S, 120 ° -170 ° W)].....	28
Tabela 2 – Período correspondente a IOS de defasagem imposta para cada mês de aPRP da região de estudo, no período de El Niño.....	40
Tabela 3 – Período correspondente a IOS de defasagem imposta para cada mês de aPRP da região de estudo, no período de La Niña	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AB – Alta da Bolívia.

Abr – Abril.

Ago – Agosto.

AMJ – Abril, Maio, Junho.

aPRP – Anomalia de Precipitação.

ASO – Agosto, Setembro, Outubro.

aTSM - Anomalia de Temperatura Superfície do Mar.

BDMEP – Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa.

CLIMANÁLISE – Boletim de Monitoramento e Análise Climática.

CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos.

Dez – Dezembro.

DOL – Distúrbios Ondulatórios de Leste.

DJF – Dezembro, Janeiro, Fevereiro.

EN – El Niño.

ENOS – El Niño Oscilação Sul.

ERSST.v3b - Extended Reconstructed Sea Surface Temperature.

Fev – Fevereiro.

FMA – Fevereiro, Março, Abril.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas.

IOS – Índices de Oscilação Sul.

Jan – Janeiro.

JAS – Julho, Agosto, Setembro.

JFM – Janeiro, Fevereiro, Março.

JJA – Junho, Julho, Agosto.

Jul – Julho.

Jun – Junho.

LIs – Linhas de Instabilidade.

LN – La Niña

Mai – Maio.

MAM – Março, Abril, Maio.

Mar – Março.

MJJ – Maio, Junho, Julho.

mm – Milímetro

N – Norte.

NDJ – Novembro, Dezembro, Janeiro.

NOAA – National Oceanic Atmospheric Administration

Nov – Novembro.

OND – Outubro, Novembro, Dezembro.

ONI – Índice Niño Oceanic.

OS – Oscilação Sul.

Out – Outubro.

PA – Pará

PMEL – Pacific Marine Environmental Laboratory.

PNM - Pressão ao Nível do Mar.

PNMM – Pressão ao Nível Médio do Mar.

PRP – Precipitação

PSD - The Physical Sciences Division.

S – Sul

Set – Setembro.

SON – Setembro, Outubro, Novembro.

SST V2 - Sea Surface Temperature version 2

TSM – Temperatura Superfície do Mar

UFPA – Universidade Federal do Pará.

UFRA – Universidade Federal Rural da Amazônia.

VCAN – Vórtice Ciclone de Altos Níveis.

ZCIT – Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 Objetivo.....	18
1.2 Objetivo geral	18
1.3 Objetivos específicos	18
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1 Mecanismos oceano – atmosfera	19
2.2 Relação precipitação e atmosfera	24
3 MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1 Área de estudo	26
3.2 Dados utilizados	27
3.3 Metodologia	28
4 RESULTADOS	31
4.1 Análise Precipitação e aTSM	31
4.2 Análises das correlações estatísticas	36
4.3 Parcial – ENOS	40
4.4 Estudo de caso	44
5 CONCLUSÃO	52
REFERÊNCIAS	53

1 INTRODUÇÃO

A região da costa norte do Brasil sofre a influência de diversos sistemas meteorológicos associados às ocorrências de precipitação que se organizam em diferentes escalas de tempo (BARROS, 2008). A Região Amazônica possui uma atmosfera com grande atividade convectiva, devido à grande disponibilidade de vapor d'água e energia solar que chega à superfície, sendo assim uma das mais importantes fontes de calor latente do planeta. (FAMIGLIETTI; MOHR; ZIPSER, 1999). A variabilidade temporal da precipitação em grandes áreas nos trópicos é modulada pela variação intrasazonal de 20-60 dias (KAYANO; KOUSKY, 1994; JULIAN, MADDEN; 1994). Embora, a precipitação nesta região seja dominada pela influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) que é o principal sistema causador de precipitação do Norte e Nordeste. Também temos as Linhas de Instabilidades (Lis) que são sistemas convectivos formados pelo contraste de temperatura entre o continente e o oceano juntamente com a confluência dos ventos alísios na região costeira (COHEN; SILVA DIAS; NOBRE, 1995; HASTENRATH; HELLER, 1977; KOUSKY, 1980). Estudos preliminares feitos por Cohen, Silva Dias e Nobre (1989) mostraram que estas Lis contribuem com 45% da chuva que cai durante o período chuvoso no nordeste paraense; podem permanecer ativas por mais de 48 horas, tendo o seu deslocamento entre 6° a 13° de longitude por dia e sua maior ocorrência se dá nos meses de abril e agosto. Durante a noite sua atividade convectiva diminui, voltando a intensificar-se durante o dia devido o aquecimento solar (MOLION; KOUSKY, 1981).

De acordo com Soares e Batista (2004), a precipitação é o resultado de um estado avançado de condensação. Ela ocorre quando a força gravitacional supera a força que mantém a umidade suspensa então, a umidade atinge o solo sob a forma líquida (chuva ou chuveiro/garofa), ou sólida (granizo, saraiva e neve). A precipitação dentro da região amazônica é um parâmetro meteorológico de grande variabilidade no tempo e espaço, que está associada à influência de diferentes sistemas de mesoescala, escala sinótica e de grande escala (ROCHA, 2001).

A atuação do dipolo caracteriza-se pela manifestação de um padrão de aTSM, configurando-se especialmente com sinais opostos sobre as bacias Norte (N) e Sul (S) do Atlântico. Esse padrão inverso de aTSM gera, conseqüentemente, a presença de um gradiente térmico meridional e inter-hemisférico com baixos níveis do Atlântico Equatorial que, agindo em conjunto com os padrões anômalos de Pressão ao Nível

Médio do Mar (PNMM) e vento horizontal, desempenham influências diretas na manutenção, posicionamento e intensidade da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (HASTENRALH, 1978).

Em regiões costeiras as brisas terrestres e marítimas são ventos locais que ocorrem principalmente nas costas tropicais. São causadas pela diferença de pressão existente entre o continente e o mar, e essa, por sua vez tem origem nas diferenças térmicas. A Temperatura da Superfície do Mar (TSM) nos oceanos tropicais Pacífico e Atlântico é a principal variável física influenciadora das condições climáticas em várias áreas do globo. No Pacífico Tropical, a presença de eventos quentes (frios) denominados de El Niño (La Niña), com anomalias positivas (negativas) de TSM, causa fenômenos climáticos diferenciados em várias áreas do globo (BJERKNES, 1969; RASMUSSEN ; CARPENTER, 1982; ROPELEWISK; HALPERT, 1997).

Anomalias positivas (negativas) da temperatura da superfície do mar (TSM) no Oceano Pacífico associadas aos episódios El Niño (La Niña) produzem circulações anômalas de grande escala na atmosfera, gerando impactos significativos no clima da região do Atlântico e da América do Sul (ACEITUNO 1988; GRIMM et al. 2000; GRIMM 2004). A Temperatura da Superfície do Mar (TSM) e sua interação com a atmosfera terrestre são os principais fatores responsáveis pela formação de zonas de convecção na faixa tropical dos oceanos Atlântico, Pacífico e Índico (PHILANDER, 1991). Desta forma, este estudo visa analisar a variabilidade temporal da anomalia da temperatura da superfície do mar (aTSM) para as áreas do Atlântico e Pacífico Equatorial e sua relação com a precipitação mensal no litoral nordeste do Pará.

1.1 Objetivos

1.2 Objetivo geral:

Este trabalho tem como objetivo principal estudar a influencia dos mecanismos climáticos de grande escala dos oceanos Atlântico e Pacífico Equatorial, associados a precipitação no litoral nordeste do Estado do Pará.

1.3 Objetivos específicos:

- a) Analisar a variabilidade temporal da anomalia da temperatura da superfície do mar (aTSM) para as áreas do Atlântico e do Pacífico Equatorial e suas relações com a precipitação no nordeste do Pará;
- b) Correlacionar a precipitação com anomalias de TSM em períodos defasados de tempo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

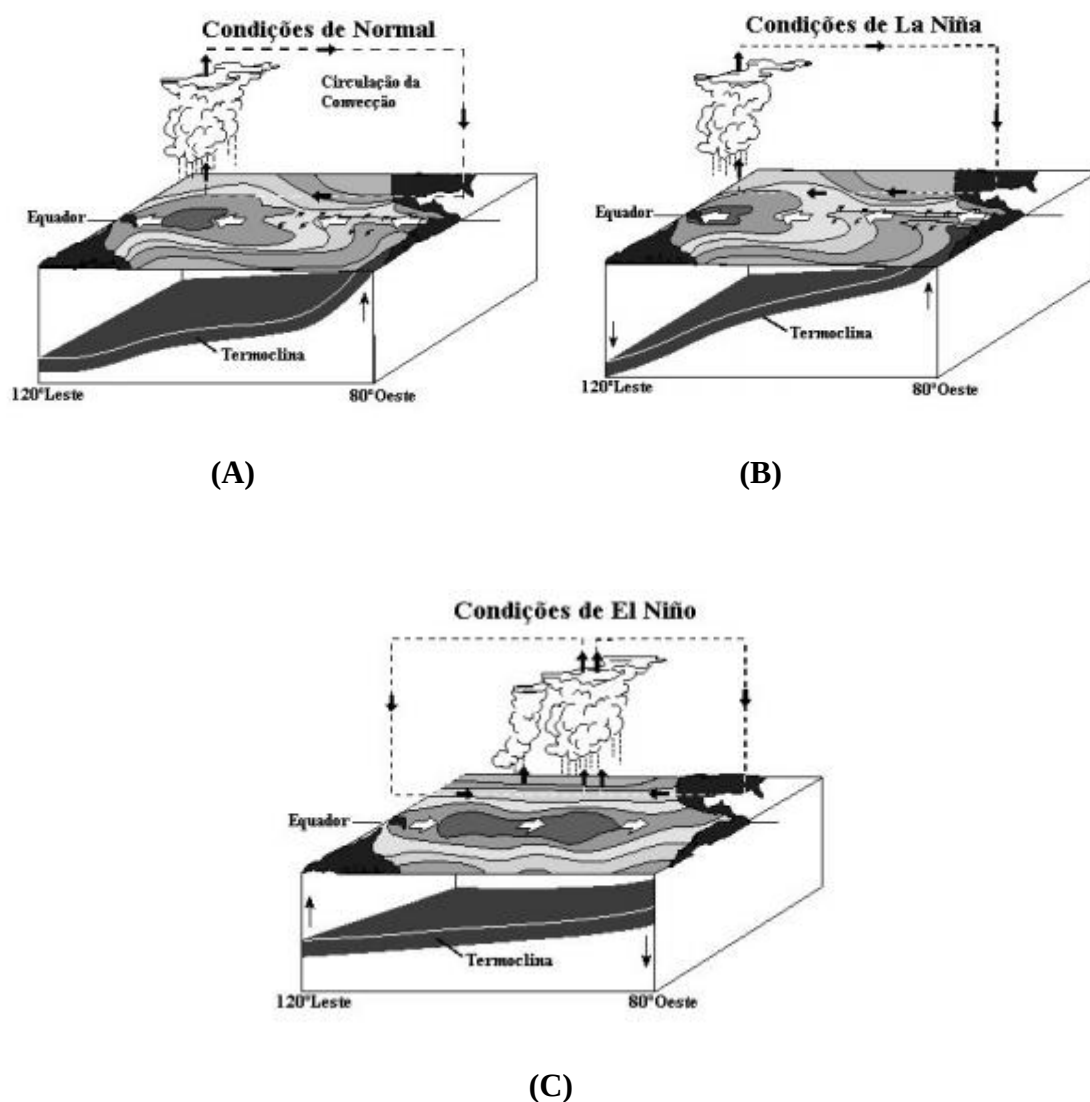
2.1 Mecanismos oceano-atmosfera

O comportamento climático é determinado por processos de troca de energia e umidade que podem afetar o clima local, regional e global. Uma das componentes do sistema climático do planeta Terra é representada pela interação entre a superfície dos oceanos e a baixa atmosfera adjacente a eles.

O El Niño Oscilação Sul (ENOS) é um fenômeno de grande escala cuja região de origem é situada no Oceano Pacífico Tropical. O fenômeno é construído por dois componentes: um de natureza oceânica (EL Niño), associado as mudanças na temperatura das águas e outro de natureza atmosférica (Oscilação Sul), relacionado à correlação inversa existente entre a pressão atmosférica nos extremos leste e oeste Oceano (GLANTZ, 1991; GRIMM et al., 1997; REPORTS, 1994).

O fenômeno ENOS pode ser quantificado (intensidade e fase) pelo IOS, que representa a diferença de APNM entre o Pacífico central (Taiti) e o Pacífico oeste (Darwin/Austrália). Esse índice está relacionado com as mudanças na circulação atmosférica nos baixos níveis da atmosfera, consequência do aquecimento/resfriamento das águas superficiais na região. Valores negativos (positivos) do IOS são indicadores da fase negativa (positiva) do ENOS com a ocorrência de El Niño (La Niña). As condições oceânicas e atmosféricas geralmente oscilam entre estas duas fases extremas (PHILANDER, 1990).

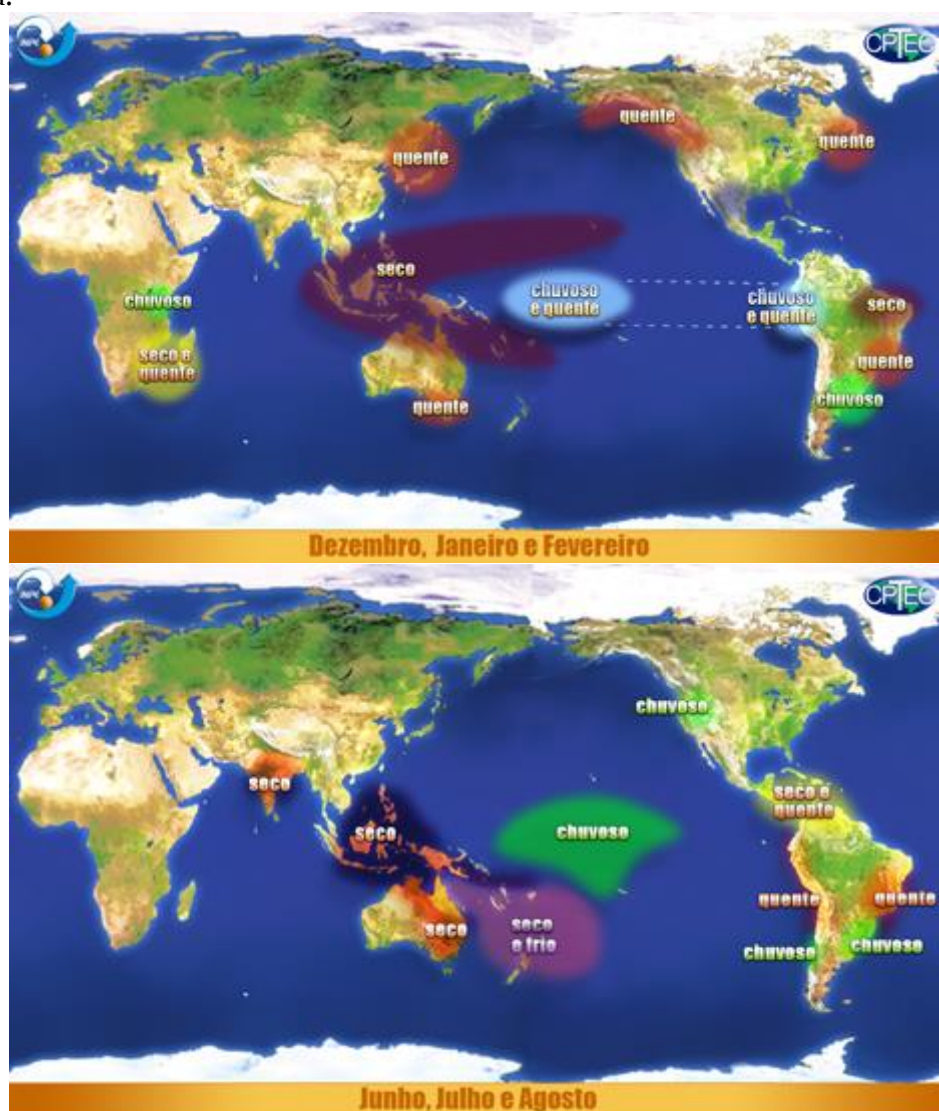
Figura 1- Esquema da circulação durante anos Normais (a), anos La Niña (b) e anos El Niño (c).



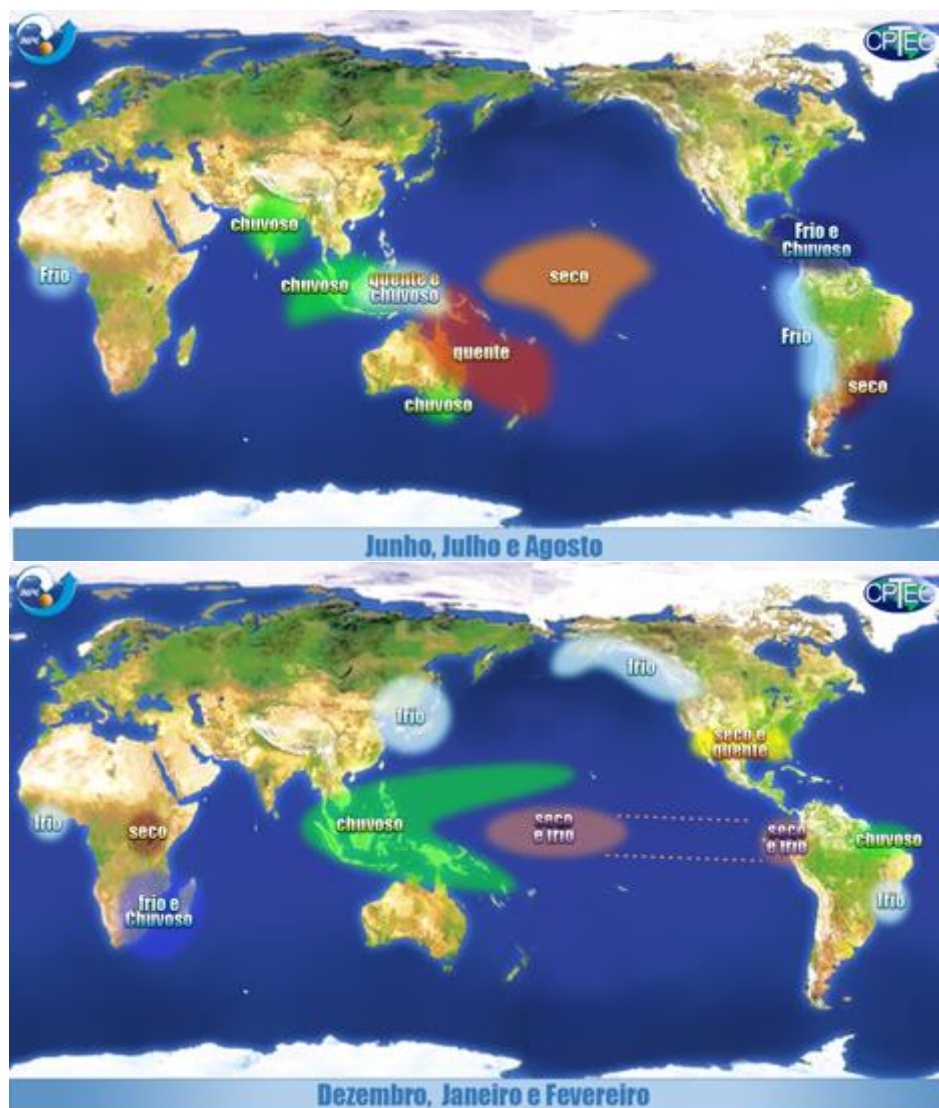
Fonte: Adaptado do PMEL.NOAA (2015)

Segundo (ACEITUNO,1988) e (KOUSKY,1994), que também estudaram a influência do ENOS sobre o clima da América do Sul, sugerem que as secas da Região Norte e Nordeste do Brasil estão relacionados com uma redução da atividade convectiva de larga escala que se estende sobre o Atlântico tropical, da Amazônia à África. Constataram, ainda, um aumento da convecção na parte centro-sul do Brasil durante a fase quente da OS, mostrando que esse padrão muda totalmente na fase fria. Finalmente (UVO et al, 1996) obtiveram evidências que anos bastante secos (chuvosos) ocorrem em associação com valores anormalmente altos (baixos) da TSM no Pacífico Equatorial e no Atlântico Norte e com valores baixos (altos) da TSM no Atlântico Sul, reforçando a influência da OS sobre o clima do Nordeste do Brasil.

Figura 2- Efeitos do El Niño (a) e La Niña (b) no clima em diferentes regiões do planeta.



(A)



(B)

Fonte: CPTEC (2015)

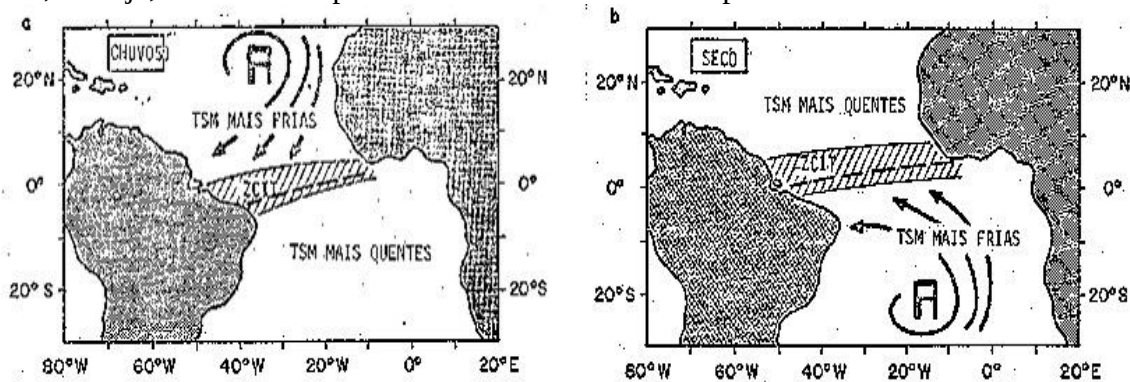
Outro fenômeno oceano-atmosfera conhecido como Dipolo do Atlântico que causa variação de precipitação no Nordeste do Brasil e na África. O Dipolo do Atlântico é uma mudança anômala na temperatura da água do mar no Oceano Atlântico Tropical. Esse fenômeno muda a circulação meridional da atmosfera (Hadley) e inibe ou aumenta a formação de nuvens sobre o Nordeste do Brasil e alguns países da África, diminuindo ou aumentando a precipitação.

Quando as águas do Atlântico Tropical Norte estão mais quentes e as águas do Atlântico Equatorial e Tropical Sul estão mais frias, existem movimentos descendentes anômalos sobre o Nordeste do Brasil e alguns países da África Ocidental, inibindo a formação de nuvens diminuindo a precipitação, podendo causar secas. Por outro lado,

quando as águas do Atlântico Tropical Norte estão mais frias e as águas do Atlântico Tropical Sul estão mais quentes, existem movimentos ascendentes anômalos sobre o Nordeste do Brasil e países da África Ocidental acelerando a formação de nuvens e aumentando a precipitação e provocando enchentes, em muitas ocasiões. (ARAGÃO, 1990). Os períodos de duração das secas e enchentes vão depender do período de atuação, duração, intensidade e cobertura do ENOS e do Dipolo do Atlântico. Os episódios podem ser considerados muito fracos, fracos, moderados e fortes dependendo do valor de temperatura da água do mar, a extensão e o período e atuação (ARAGÃO, 1990).

Análises observacionais e estatísticas realizadas por (HASTENRATH; HELLER, 1977) e simulações por (MOURA; SHUKLA, 1981; NOBRE; SHUKLA, 1995; SERVAIM, 1991), mostraram um padrão de anomalias da TSM sobre o oceano Atlântico Tropical, comumente chamado de padrão de Dipolo do Atlântico, estando associados anomalias de precipitação sobre a região Nordeste e Norte do Brasil.

Figura 3- Esquema de águas mais quentes (frias) no Atlântico Sul Tropical e mais frias (quentes) no Atlântico Norte Tropical estão associadas com anos chuvosos (secos) no NE, ou seja, Padrão de Dipolo da TSM no Atlântico Tropical



Fonte: Nobre e Molion (1986).

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é um dos mais importantes sistemas moduladores da precipitação no Norte e norte do Nordeste do Brasil e está localizada climatologicamente sobre o ramo ascendente da célula de Hadley. (HASTENRATH; LAMB, 1977) a definem como um sistema que possui em sua estrutura as seguintes características: baixa pressão em superfície, temperatura da superfície do mar máxima, confluência dos ventos alísios de norte e sul, convergência

máxima de massa e cobertura máxima de nuvens convectivas. Seu comportamento possui um papel importante na estação chuvosa do norte do Nordeste do Brasil.

Os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL) que, segundo (COUTINHO; FISCH, 2007), são sistemas de grande importância nos regimes de chuva para o nordeste brasileiro e podem ser caracterizados por alterações significativas nos ventos meridionais. Deslocam-se juntamente com os ventos alísios para oeste no Atlântico Tropical, onde tais características podem ser observadas nos campos de vento e pressão (ALVES et al., 1999).

Os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) que penetram na região Nordeste do Brasil formam-se no oceano Atlântico, principalmente entre os meses de novembro e março, e sua trajetória normalmente é de leste para oeste, com maior frequência entre os meses de janeiro e fevereiro, conforme demonstrado por (GAN; KOUSKY, 1982). O tempo de vida desses sistemas varia em média, entre 7 a 10 dias. Os VCANs são um conjunto de nuvens que, em a forma aproximada de um círculo girando no sentido horário. Na sua periferia há formação de nuvens causadoras de chuva e no centro há movimentos de ar de cima para baixo (subsistência), aumentando a pressão e inibindo a formação de nuvens

2.2 Relação precipitação e ATSM

O Oceano Pacífico, devido às suas dimensões, permite maior interação oceano-atmosfera que os demais. Além disso, uma parte considerável de sua superfície encontra-se na zona tropical, exatamente a que recebe maior quantidade de energia solar. É razoável admitir, portanto, que a área tropical do Oceano Pacífico seja o palco de interações e acomodações capazes de interferir significativamente na variabilidade interanual do clima em escala muito mais ampla, com um período de acomodação muito maior. O mar encontra-se mecanicamente e termicamente acoplado à atmosfera. As interações mar-atmosfera têm acentuada importância para o estudo das características climáticas terrestres e para o conhecimento das variações, no tempo e no espaço, das propriedades da água do mar. A precipitação é a variável mais importante nos trópicos. A respeito da simplicidade de sua medida, é uma das variáveis mais difíceis de serem observadas com precisão, uma vez que apresenta erros instrumentais, de exposição e de localização (MOLION; BERNADO, 2002).

Hastenrath e Heller, 1977 associaram as anomalias de precipitação do NEB com as TSM nos oceanos tropicais e verificaram que as secas na região e nas áreas próximas também estão associadas com o aumento (diminuição) da PNM relacionadas ao aquecimento (resfriamento) das águas do Atlântico Sul (Norte). O campo de pressão explica o fortalecimento (enfraquecimento) sul (norte) dos alísios, resultando no deslocamento da ZCIT. Hastenrath et al II, 1984 e Hastenrath, 1984; Markhan e Mclain, 1977; Moura e Shukla, 1981; estudaram as correlações entre as anomalias de TSM sobre o Atlântico Tropical e a precipitação sobre o Nordeste e concluíram que anomalias positivas de TSM sobre o Atlântico Tropical sul e negativas sobre o Atlântico Tropical Norte geram maior sobre o Nordeste e a situação inversa gera anos de seca.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

A área de estudo desta pesquisa compreende os oceanos Atlântico e Pacífico Equatorial e os municípios de Salinópolis, Soure, Tracuateua e a Vila de Cuiarana situada no litoral do nordeste do estado do Pará. Salinópolis é um município do estado do Pará que se localiza a uma latitude $00^{\circ}36'49''$ S e a uma longitude $47^{\circ}21'22''$ W, estando a uma altitude de 21 metros, distante cerca de 220 km da capital de Belém. Tracuateua localiza-se a uma latitude $01^{\circ}04'34''$ S e a uma longitude $46^{\circ}54'11''$ W, estando a uma altitude de 20 metros, área da unidade territorial de 934,272 km². Soure se Localiza na mesorregião do Marajó a uma latitude $00^{\circ}43'00''$ S e a uma longitude $48^{\circ}31'24''$ W, estando a uma altitude de 10 metros e área de 3.517,318 km². Está localizada a 80 km da capital paraense, Belém. (Fonte IBGE/2013).

A figura 4 mostra a localização geográfica das medições de Anomalia da Temperatura da Superfície do Mar (aTSM) nas regiões Equatorial dos Oceanos Pacífico (Niño 3.4) e Atlântico Tropical e Área de Estudo.

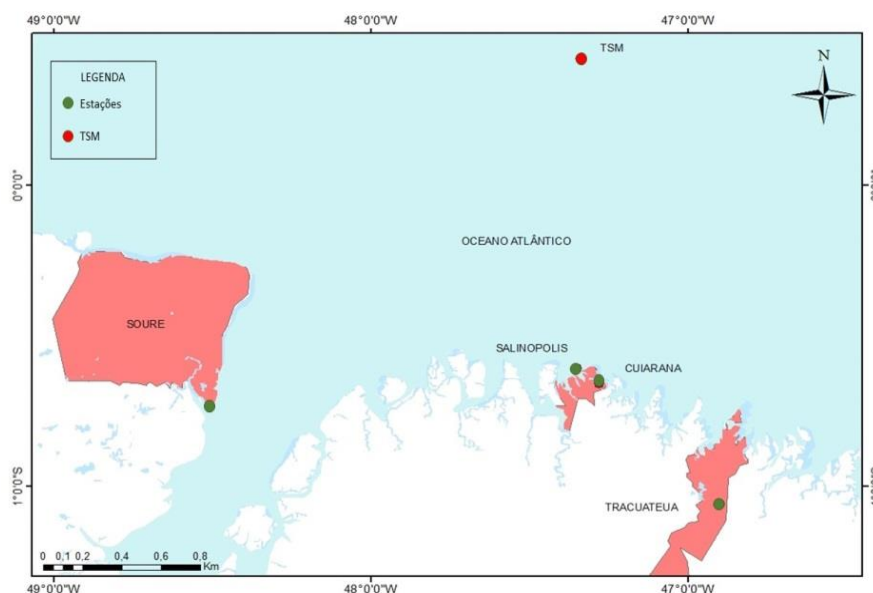
Figura 4- Representação geográfica das medições dos Oceanos Pacífico e Atlântico



Fonte: Autor (2015).

A figura 5 mostra a localização geográfica dos municípios e de suas respectivas estações meteorológicas e da aTSM do Atlântico Tropical no litoral da região nordeste do Pará

Figura 5- Representação geográfica região de estudo.



Fonte: Do autor (2015).

3.2 Dados utilizados

Os dados coletados da região de estudo localiza-se no nordeste paraense que será representada pelos municípios de Tracuateua- PA (Estação N° 82145, Lat. -1.07°, Lon. -46.9°), Soure-PA (Estação N° 82141, Lat. -0.73°, Lon. -48.52°), Salinópolis-PA (Estação N°A215, Lat. -0.62°, Lon. -47.36°) e sendo a de Cuiarana utilizou-se dados do sítio experimental Modesto Rodrigues que se encontra-se instalado em uma área de cultivo de mangueira, com aproximadamente 25,8 hectares, situada na localidade (0°39'49.72''S, 47°17'03.41''O, 17 m), município de Salinópolis, região nordeste do estado do Pará, pertencente a Universidade Federal do Pará (UFPA) e Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA).

Utilizou-se dados diários e mensais de precipitação compreendendo o período de 2010 à 2014. Os totais de precipitação mensal de Soure e Tracuateua – Pará, foram coletados do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) e de Salinópolis – PA foram dados diários do pelo Instituto Nacional de Meteorologia

(INMET) e de Cuiarana no sítio experimental Modesto Rodrigues com a torre de 10 metros de altura que coleta dados meteorológicos contínuos a cada 10 minutos, desde setembro de 2010 até os dias atuais.

Os dados de anomalia de TSM mensal do Atlântico Tropical das seguintes Lat.: 0°25'32" S e Lon.: 47°20'31" W foram compiladas do site do NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) Kaplan Extended SST V2

Tabela 1 – Intensidade do El Niño e de La Niña durante o período de 2010 a 2014. DESCRIÇÃO: Forte (**vermelho**) e (**azul**) períodos de frio com base em um limite de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ para o Índice Niño Oceanic (ONI) [3 mês consecutivo média de anomalias de TSM ERSST.v3b na região Niño 3.4 (5°N - 5°S , 120° - 170°W)].

Ano	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2010	1.6	1.3	1.0	0,6	0,1	-0.4	-0.9	-1.2	-1.4	-1.5	-1.5	-1.5
2011	-1.4	-1.2	-0.9	-0.6	-0.3	-0.2	-0.2	-0.4	-0.6	-0.8	-1.0	-1.0
2012	-0.9	-0.6	-0.5	-0.3	-0.2	0.0	0,1	0,4	0,5	0,6	0,2	-0.3
2013	-0.6	-0.6	-0.4	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.3	-0.4
2014	-0.6	-0.6	-0.5	-0.1	0,1	0,1	0.0	0.0	0,2	0,5	0,7	0,7

Fonte: NOAA (2015).

3.3 Metodologia

Para esse estudo foram coletados dados diários e mensais de precipitação dos municípios de Salinópolis, Soure e Tracuateua – PA, obtidos das estações automáticas e convencionais do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e de Cuiarana – PA da torre meteorológica, no qual os dados diários foram feitos, calculando o somatório de cada mês, respectivamente de cada localidade. Enquanto que os dados de anomalia de TSM mensal do Atlântico Equatorial foram gerados pela PSD Kaplan Extended SST V2 mensalmente. Nas análises de correlação geral das 04 localidades em estudo, foram feitos de forma de defasagem de tempo de 2 a 4 meses entre a precipitação mensal e o Índice de Oscilação Sul (IOS).

Para os episódios de El Niño e La Niña, foram selecionados os 06 meses mais significativos dos eventos, e selecionados de períodos Outubro a Março de 2009 a 2010 e de 2010 a 2011, e para as anomalias de precipitação (aPRP) foi feito uma subtração

entre precipitação climatológica e a precipitação observada dos períodos de Janeiro a Junho dos anos de 2010 e 2011.

Para o estudo de caso, foi selecionado 3 meses do seguinte período: Janeiro a Março dos anos de 2010 e 2011 e dados obtidos semanalmente da precipitação e anomalia de TSM, para o mesmo período.

- **CORRELAÇÃO DE REGRESSÃO LINEAR**

É o método para se estimar a condição de uma variável Y , dados os valores de algumas outras variáveis X . A regressão, em geral, trata da questão de se estimar um valor condicional esperado. Em muitas situações, uma relação linear pode ser válida para sumarizar a associação entre as variáveis Y e X . Onde X é precipitação mensal e Y Índice de Oscilação Sul (IOS) (NAGHETTINI, M.; PINTO, E.J.A. , 2007).

$$y_i = a + bx_i$$

- **COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO LINEAR**

Duas variáveis apresentam uma correlação linear quando os pontos do diagrama de dispersão se aproximam de uma reta. Essa correlação pode ser positiva (para valores crescentes de X , há uma tendência a valores também crescentes de Y) ou negativa (para valores crescentes de X , a tendência é observarem-se valores decrescentes de Y). (NAGHETTINI, M.; PINTO, E.J.A. 2007)

$$r = \frac{S(x,y)}{SxSy}$$

- **r** -> Mede o grau de relacionamento linear entre valores emparelhados x e y em uma amostra; COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO
- Mede a intensidade e a direção da relação linear entre duas variáveis quantitativas;
- Chamado também de Coeficiente de Correlação de Pearson (Karl Pearson, 1857-1936).

- **ANOMALIA DE PRECIPITAÇÃO MENSAL**

A metodologia usada para achar as anomalias positivas e negativas de precipitação foi à Anomalia Precipitação observada menos a média da Precipitação climatológica de cada localidade em todos os meses.

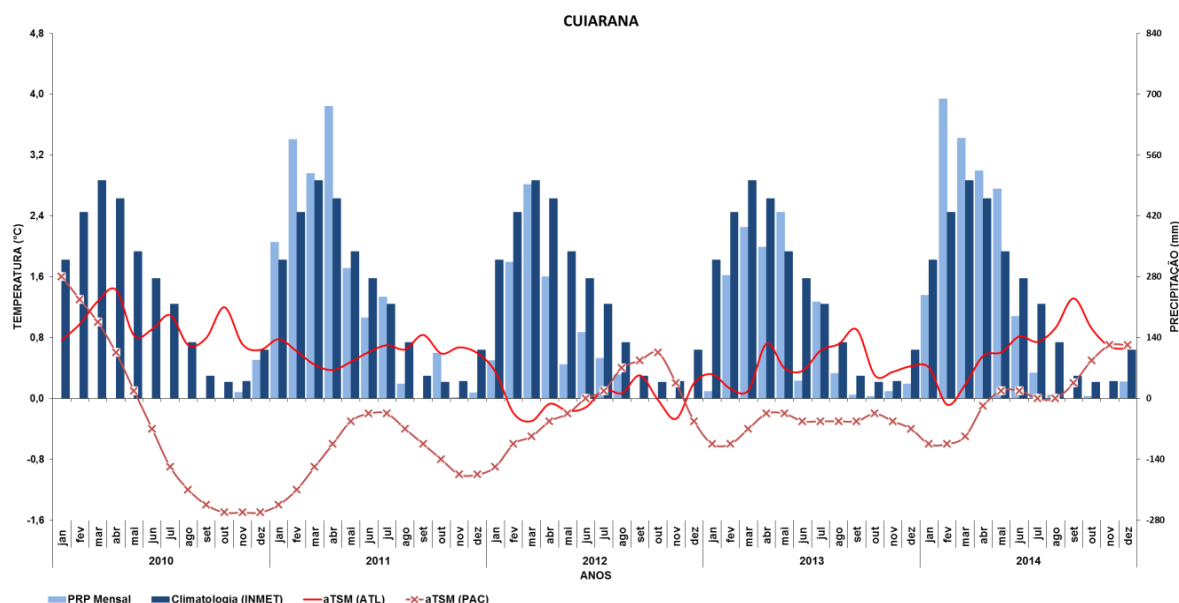
$$\mathbf{aPRP = PRP\ (Observado) - PRP\ (Climatológico)}$$

4 RESULTADOS

4.1 Analise precipitação e ATSM

Na figura 6 mostra que a anomalia de temperatura da superfície do mar (aTSM), tanto no Atlântico Tropical próximo ao litoral nordeste do Pará como no Pacífico Equatorial observou-se comportamentos opostos em quase todo o período estudado, sendo que as águas mais frias no Pacífico Equatorial favorecem a precipitação sobre a região como o aquecimento do Atlântico próximo a região, mostrando forte influência do fenômeno El Niño (EN) e La Niña (LN) sobre a precipitação local, causada por uma possível inibição ou contribuição dos sistemas atmosféricos e mecanismos oceano-atmosfera de meso e grande escala que atuam na região como: a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (UVO,1989), Linhas de Instabilidades (LIs) próximas à costa que são responsáveis por grandes acumulados de precipitação (BARROS, 2008; COHEN, 1989), Brisas Marítimas-Terrestre (KOUSKY, 1980), a Confluência dos Ventos Alísios, Alta de Bolívia (AB) que influencia no período de verão na América do Sul e dos sistemas da circulação dos ventos em altos níveis na atmosfera que favorecem áreas de instabilidade, também como o Dipolo no Atlântico Tropical que pode contribuir ou inibir para a formação de nuvens, assim diminuindo ou aumentando a precipitação local. Ao observar, nota-se que a precipitação anual no ano de 2011 foi bem acima da média climatológica, pois nos anos de 2010, 2012, 2013 e 2014 foi abaixo da normal climatológica, que em 2011 e 2014 no período chuvoso da região a precipitação foi bem acima em relação aos anos de 2012 e 2013 em Cuiarana, sendo os maiores registros de precipitação foi no período chuvoso no mês de Abril de 2011, observou-se um acumulado de precipitação de 672,1mm e 460,0mm climatológica (INMET), e em Fevereiro de 2014 que foi de 689,4 mm em comparação com a climatologia que é de 428,0 mm (INMET), no período menos chuvoso em destacou-se em outubro de 2011 registrou uma precipitação de 104,9 mm em comparação no mesmo período nos anos de 2010 com 1,02 mm, 2012 com 0,0 mm, 2013 com 4,8 mm e em 2014 com 4,6 mm e que na média climatológica é de 37,0 mm (INMET).

Figura 6. Anomalia de TSM e Precipitação de Cuiarana – PA e climatologia INMET mensal do período de 2010 a 2014.



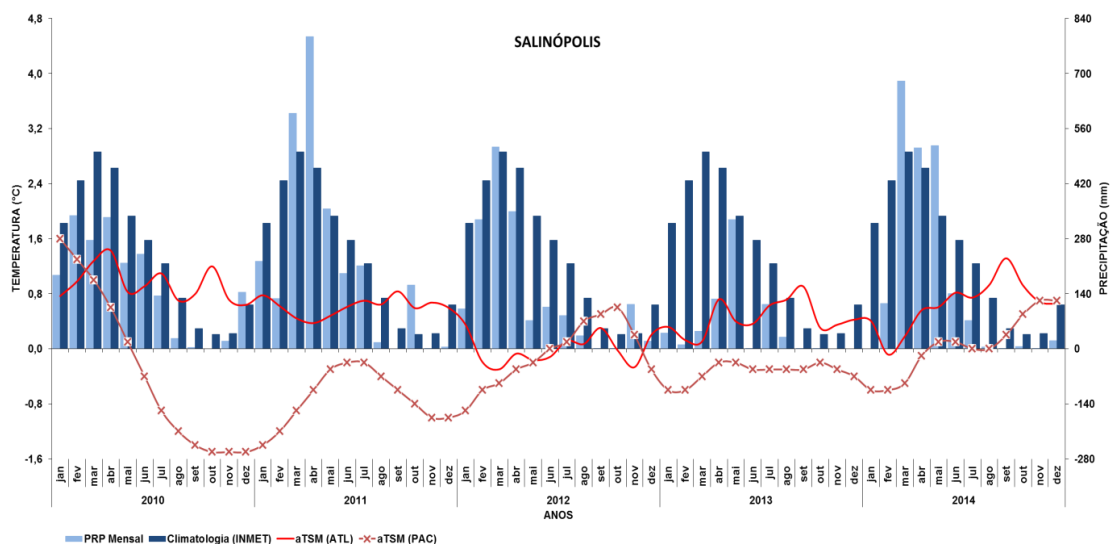
Fonte: Do autor (2015).

A figura 7 mostra que a aTSM do Atlântico Tropical próximo a costa como a do Pacífico Equatorial se comportou de forma igual ao de Cuiarana, pois a precipitação local ocorreu diferente, sendo que nos anos de 2010 a 2014 a precipitação registrada anual foi abaixo da normal climatológica (INMET), sendo que no ano de 2013 a precipitação anual foi de 696,2 mm em relação a normal climatológica anual que é de 2908,0 mm (INMET), ou seja, uma redução acima de 75% de chuvas, percebemos que tanto os eventos de EN e LN influenciarem nos sistemas de meso e grande escala na região, e observa-se que devido tanto aTSM Atlântico Tropical próximo a costa e do Pacífico Equatorial apresentarem condições de neutralidade desde maio de 2012 e permanecer quase todo o período de 2013, assim como o Dipolo do Atlântico Tropical que influencia no regime de precipitação da região caracterizado pela influência de sistemas de meso e grande escala (El Niño, La Niña, ZCIT, frentes, linhas de instabilidades) que intensificam ou inibem as atividades convectivas na região (OLIVEIRA, 1994; MOTA e SILVA, 1990; MOTA e SOUZA, 1996).

Observa-se que no mês de Abril de 2011 foi registrado uma precipitação de 793,6 mm, cerca de 72,5 % acima da normal climatológica que é de 460,0 mm (INMET) para esse período, influenciado por uma banda dupla da ZCIT nesse período de 2011, enquanto no mesmo período de 2010, 2012 e 2013 foi abaixo e pouco acima

em abril de 2014, pois no período menos chuvoso, observa-se que ocorreu mais abaixo das demais localidades.

Figura 7. Anomalia de TSM e Precipitação de Salinópolis – PA e climatologia INMET mensal do período de 2010 a 2014.

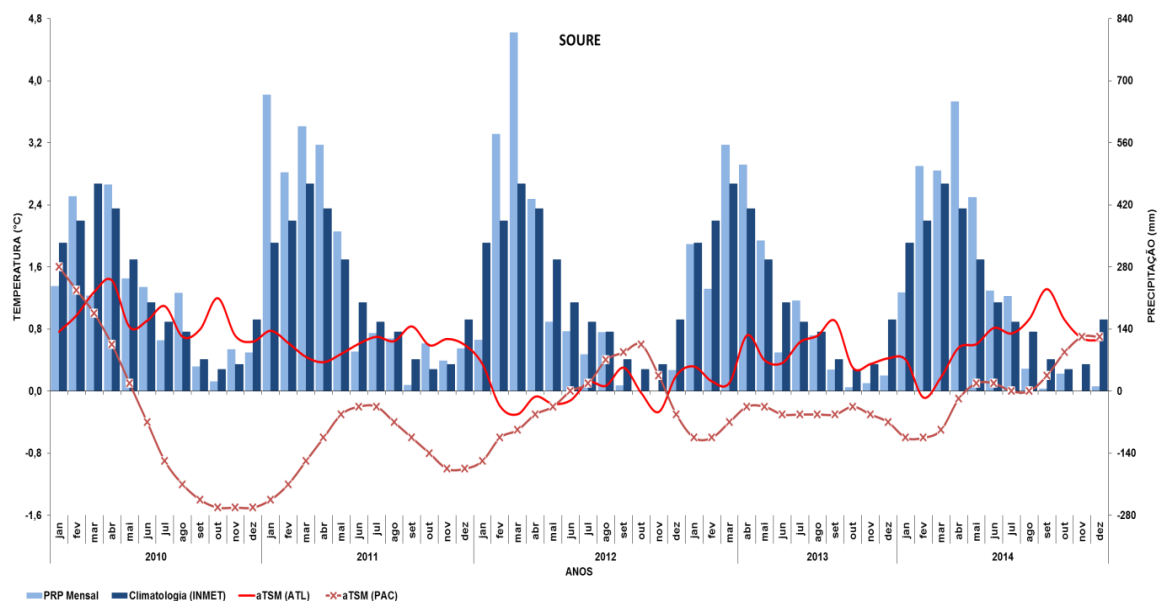


Fonte: Do autor (2015).

A figura 8 mostra o mesmo comportamento de anomalia de TSM que ocorreu nas demais localidades analisadas, entretanto a precipitação se comportou de forma bem mais elevada que as outras localidades durante o período de 2010 a 2014, por ter um clima quente e úmido e onde a precipitação ser a principal variável meteorológica que sofre grande influência, portanto percebemos que a precipitação anual de 2011 foi de 3296,0 mm e de 2014 foi de 2861,0 acima do normal climatológica anual de 2724,0 mm (INMET) e 2010, 2012 e 2013 foi abaixo, mesmo com o enfraquecimento do fenômeno LN no ano de 2011, sendo notado sobre o Pacífico Equatorial, onde as águas superficiais permaneceram mais frias, pois próximo à costa as anomalia de TSM se apresentou com águas mais quentes o que não inibiu as chuvas próximas da região Soure, por ser uma região que sofre bastante influência da ZCIT (UVO, 1989), e assim como o dipolo do atlântico tropical positiva (negativa) que contribuindo para a elevação (diminuição) das chuvas e também pela influência de circulação de brisas que é provocado pelo diferencial de temperatura entre oceano e continente (CAVALCANTI, 1982), a precipitação tanto no período chuvoso como no menos chuvoso, foram bem elevadas. Observa-se que no período mais chuvoso, obteve-se maiores registros

significativos de precipitação no período de Janeiro a Maio de 2011, Fevereiro a Março de 2012 e de Fevereiro a Maio de 2014 e no período menos chuvoso, observou-se três meses sem registro de precipitação que ocorreu de Outubro a Novembro de 2012 e Novembro de 2014.

Figura 8. Anomalia de TSM e Precipitação de Soure – PA e climatologia INMET mensal do período de 2010 a 2014.

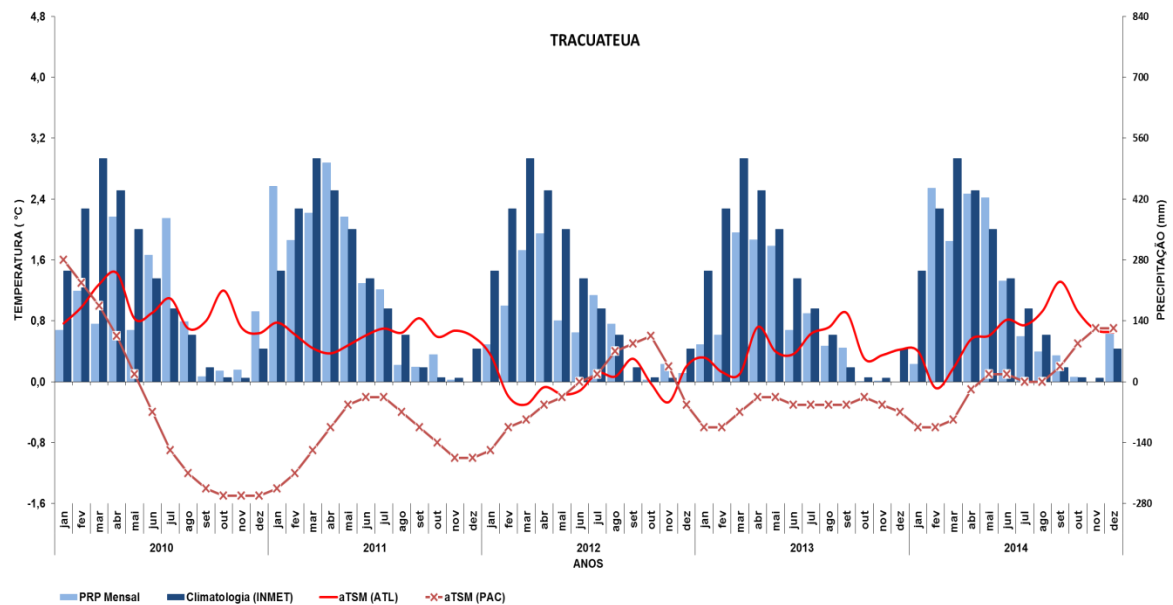


Fonte: Do autor (2015).

A figura 9 mostra o mesmo comportamento de anomalia de TSM que ocorreu nas demais localidades analisadas, entretanto a precipitação se comportou de forma diferente nesse período, pois em 2010, 2012, 2013 e 2014 a precipitação ficou abaixo da média climatológica na maioria dos meses observados, sendo que para a precipitação em 2011 a influência do fenômeno La Niña, em conjunto com os sistemas influenciadores próximo da região como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (UVO,1989), Linhas de Instabilidade (COHEN, 1989), Brisas que surgem com a circulação de brisa marítima ao longo do litoral e adentra no continente (CAVALCANTI E KOUSKY, 1982; KOUSKY, 1980), Dipolo do Atlântico Tropical. Notou-se que nesse período de 2011, mesmo com as águas mais frias no oceano Pacífico e as águas estando mais aquecida do oceano Atlântico próximo a região de estudo, a precipitação se comportou mais abaixo da média climatológica, tanto no período chuvoso como menos chuvoso, sendo que em Jan/11 precipitou ocorreu bem

acima da média climatológica com 449,1mm, pois o Vórtices Ciclones de Altos Níveis (VCAN) que favoreceram as chuvas no norte e nordeste do Brasil nesse período, em comparação no mesmo período dos outros anos que foi de Jan/10 de 118,2mm, Jan/12 86,0mm e Jan/13 85,6mm.

Figura 9. Anomalia de TSM e Precipitação de Tracuateua – PA e climatologia INMET mensal do período de 2010 a 2014.



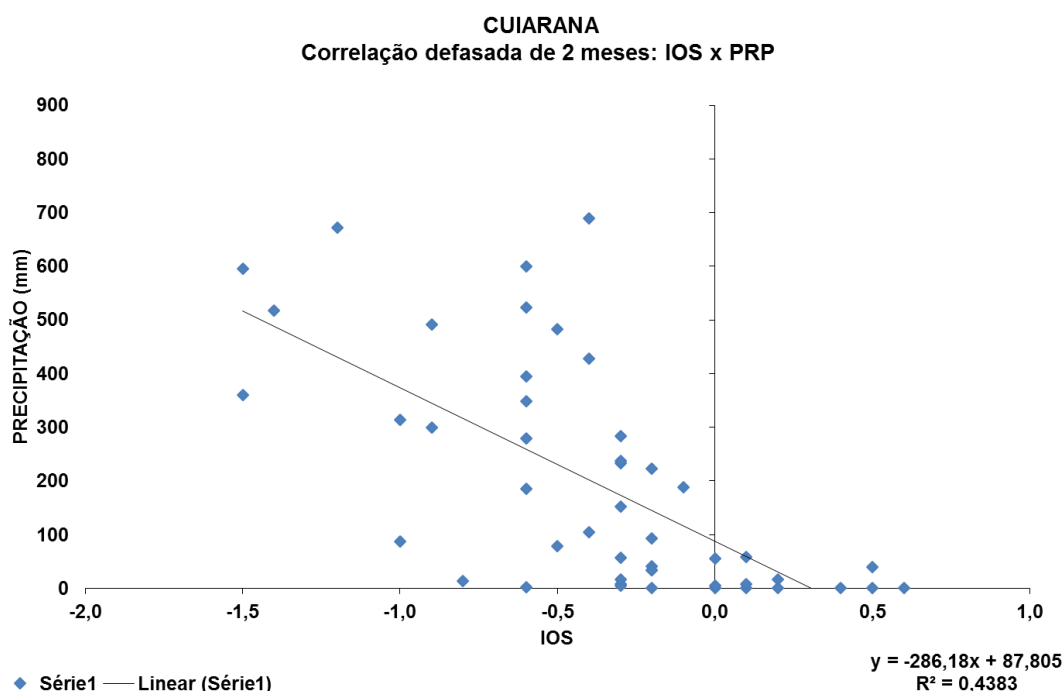
Fonte: Do autor (2015).

4.2 Análise das correlações estatísticas

A) Geral

Conforme mostra a figura 10, no período de 2010 a 2014 em Cuiarana com defasagem de 2 meses entre IOS e PRP, foi observado que durante esse período o resfriamento das águas oceânicas do Pacífico contribuiu para o aumento da precipitação, sendo a fase mais intensa de La Niña no período de Out/10 a Fev/11, com temperatura oceânica diminuindo 0,9° C a 1,5° C e Set/11 a Mar/12 de 0,5° a 1,0°C ocasionando uma precipitação acima da média climatológica no período de Janeiro a Abril de 2011, com maior registro em Abr/11 com 672,1 mm, pois na fase não tão intensa do LN, a precipitação ocorreu abaixo da média climatológica, pois no período em que de aquecimento das águas no oceano Pacífico a precipitação se comportou abaixo.

Figura 10. Dispersão defasada em Cuiarana – PA da precipitação em relação ao Índice de Oscilação Sul ao período de 2010 a 2014.

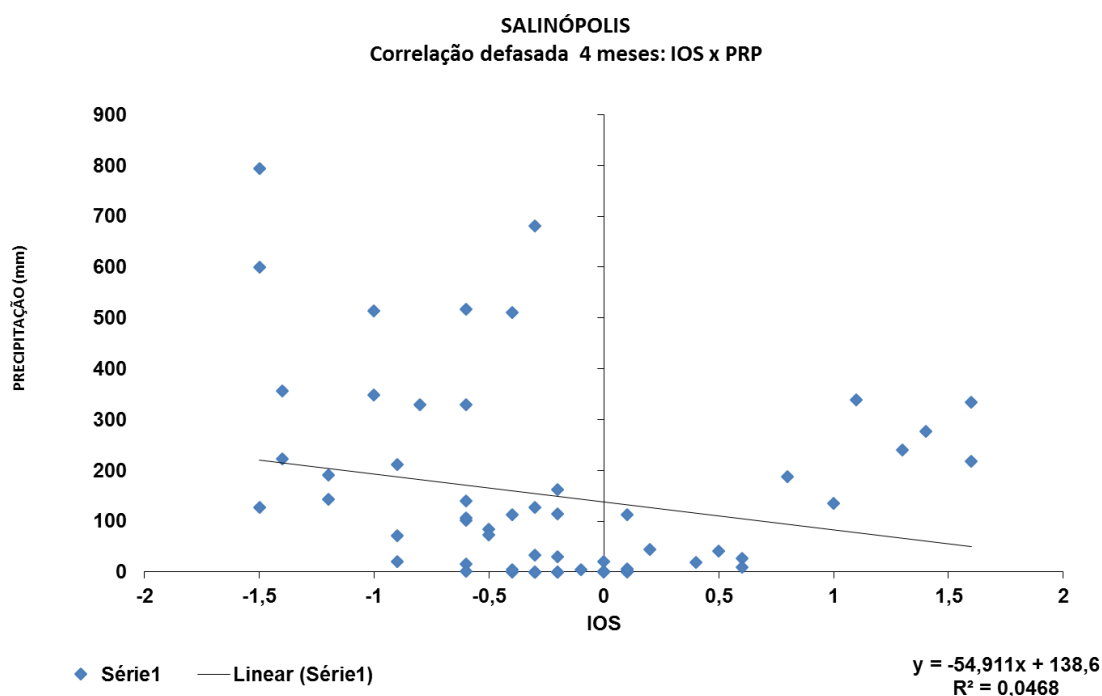


Fonte: Do autor (2015).

De acordo com a figura 11, durante o período de estudos a correlação de defasagem foi de 4 meses para o município de Salinópolis, onde os fenômenos de El Niño e La Niña exerceram um papel importante na precipitação local, pois no período

de Set/09 a Mar/10 houve um maior aquecimento das águas do oceano Pacífico e onde a temperatura máxima chegou a 1,6° C nos meses de Dez/09 à Jan/10 assim causando uma diminuição na precipitação local de Jan/10 a Nov/10, entretanto na fase em que ocorreu o resfriamento do oceano Pacífico, a temperatura chegou de 1,2°C a 1,5° C de Ago/10 a Fev/11, o que provocou uma precipitação bem elevada nos meses de Março com 599,2 mm e Abril de 793,6 em 2011.

Figura 11. Dispersão defasada em Salinópolis – PA da precipitação em relação ao Índice de Oscilação Sul ao período de 2009 a 2014.

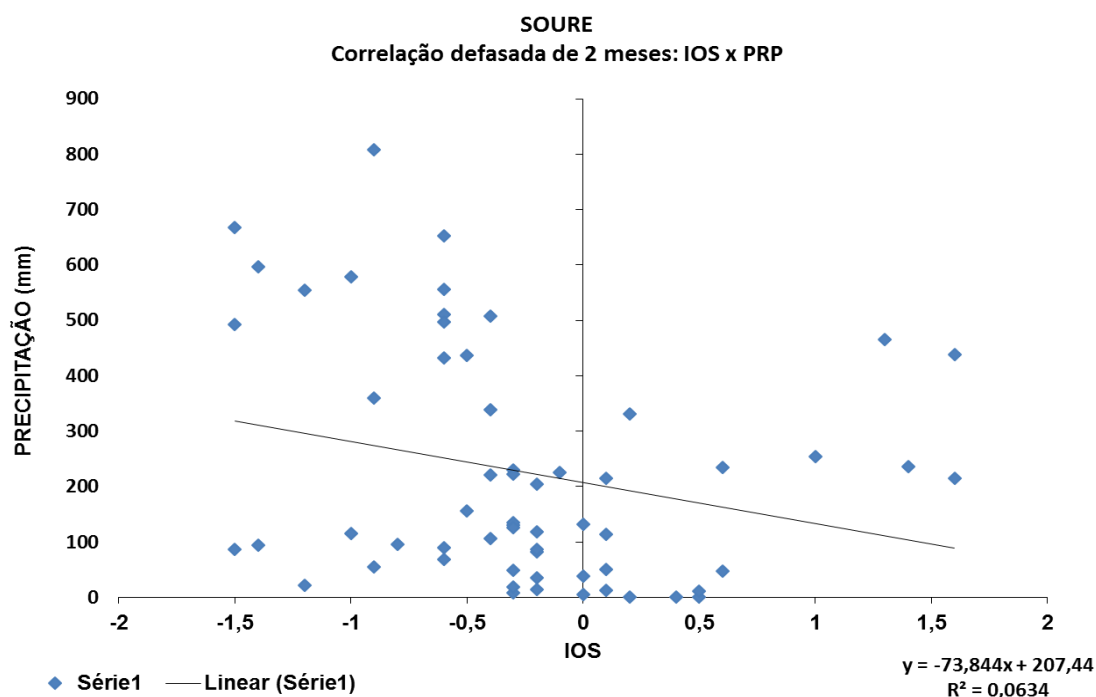


Fonte: Do autor (2015).

Na figura 12, a correlação de defasagem para o município de Soure foi de 2 meses, sendo que o aquecimento (resfriamento) El Niño (La Niña) teve uma relação um pouco diferente das demais localidades estudadas, pois no período de El Niño a precipitação local não sofreu tanta influência no período chuvoso como menos chuvoso no ano de 2010, em que o aquecimento da temperatura do oceano Pacífico foi de 1,0° C a 1,6° C de Out/09 a Mar/10, entretanto havendo uma tendência na diminuição da precipitação em alguns meses do ano de 2010, destacando o mês de Mar/10 com 214,6 mm de precipitação, sendo que para esse período é de 467,0 mm (INMET), pois no período de resfriamento que ocorreu de 2010/2011 e de 2011/2012 do oceano Pacífico, observou-se que o resfriamento contribuiu para o aumento da precipitação local, tendo

os maiores registros nos meses de Jan/11 com 667,6 mm, Mar/12 com 808,2 mm e Abr/14 com 652,3 mm.

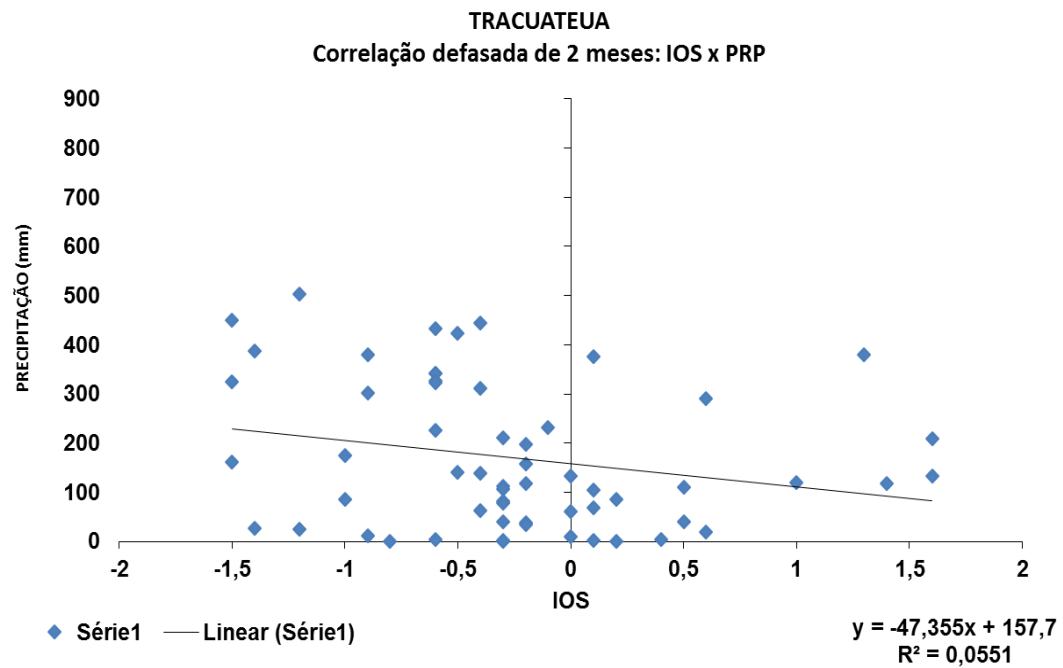
Figura 12. Dispersão defasada em Soure – PA da precipitação em relação ao Índice de Oscilação Sul ao período de 2009 a 2014.



Fonte: Do autor (2015).

De acordo com a figura 13, a correlação de defasagem para o município de Tracuateua, foi a de 2 meses, para o período de 2009 a 2014 e observa-se que durante o aumento da temperatura nas águas do Pacífico, ocorre um aumento da precipitação e no período de aquecimento da temperatura no oceano Pacífico, a uma tendência de diminuição na precipitação local, sendo que a temperatura do oceano Pacífico diminuiu máxima até 1,5° C e aumento 1,6° C, e precipitação máxima em Jan/11 com 449,1 mm estando sob influência do fenômeno La Niña e em Jan/10 com 118,2 mm influenciado pelo El Niño ficando abaixo da média climatológica.

Figura 13. Dispersão defasada em Tracuateua – PA da precipitação em relação ao Índice de Oscilação Sul ao período de 2009 a 2014.



Fonte: Do autor (2015).

4.3 Parcial - ENOS

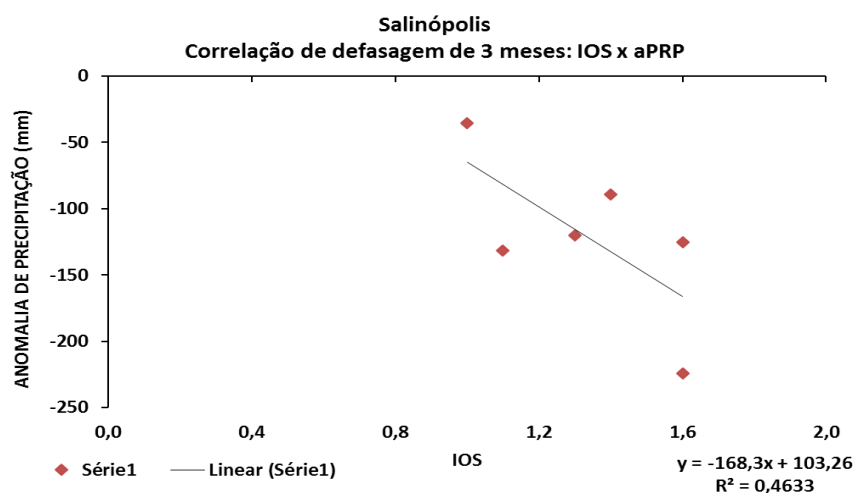
Tabela 2- Período correspondente a IOS de defasagem imposta para cada mês de aPRP da região de estudo, no período de El Niño.

El Niño	Período de 6 meses					
Defasagem de IOS	Out/09	Nov/09	Dez/09	Jan/10	Fev/10	Mar/10
Anomalia de Precipitação	Jan/10	Fev/10	Mar/10	Abr/10	Mai/10	Jun/10

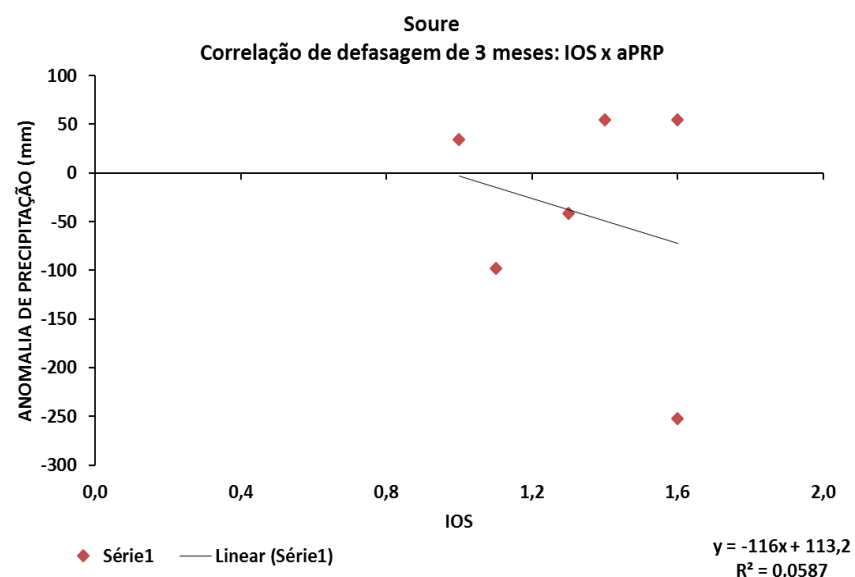
Fonte: Do autor (2015).

As correlações defasadas obtidas na figura 14, entre as áreas de estudo, mostram que no período mais significativo de El Niño 09/10 e aPRP de Jan/10 a Jun/10, o coeficiente de correlação entre IOS – aPRP (anomalia de precipitação), a melhor que apresentou correlação com defasagem de tempo ocorreu em Salinópolis de + 0,46, Tracuateua com + 0,33 e Soure + 0,05, pois observa-se que quando ocorre maior aPRP negativa, ocorre uma tendência no aumento da temperatura do Oceano Pacífico, sendo que em Salinópolis ocorreu aPRP negativa (-35,0 mm -380,6 mm), enquanto que Soure e Tracuateua apresentaram aPRP positiva e negativa (+54,0 mm a -380,6 mm), portanto através disso percebemos que nos locais em estudo a convecção local sofre influências de outros processos, além da IOS.

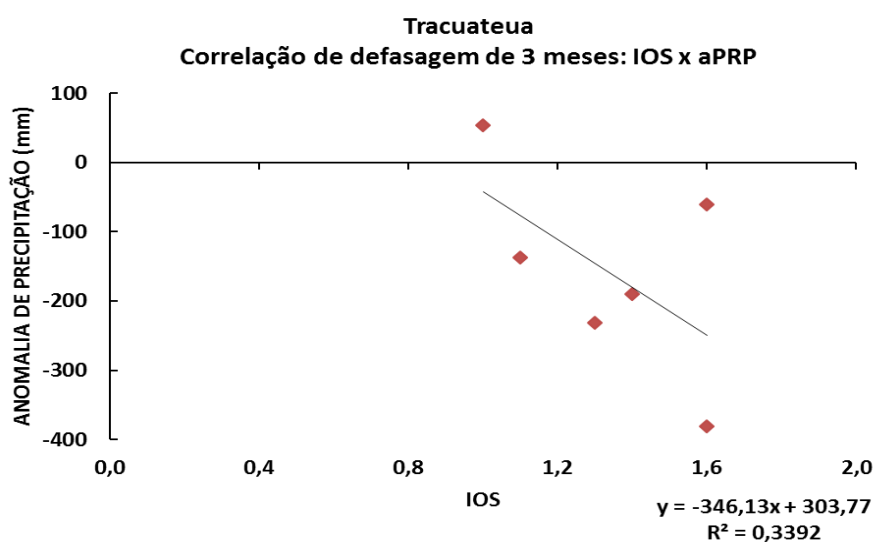
Figura 14- Dispersão defasada de 3 meses para o período de El Niño em Salinópolis (a), Soure (b) e Tracuateua (c), entre anomalia de precipitação com ao Índice de Oscilação Sul do período de 2009 e 2010.



(a)



(b)



(c)

Fonte: Do autor (2015).

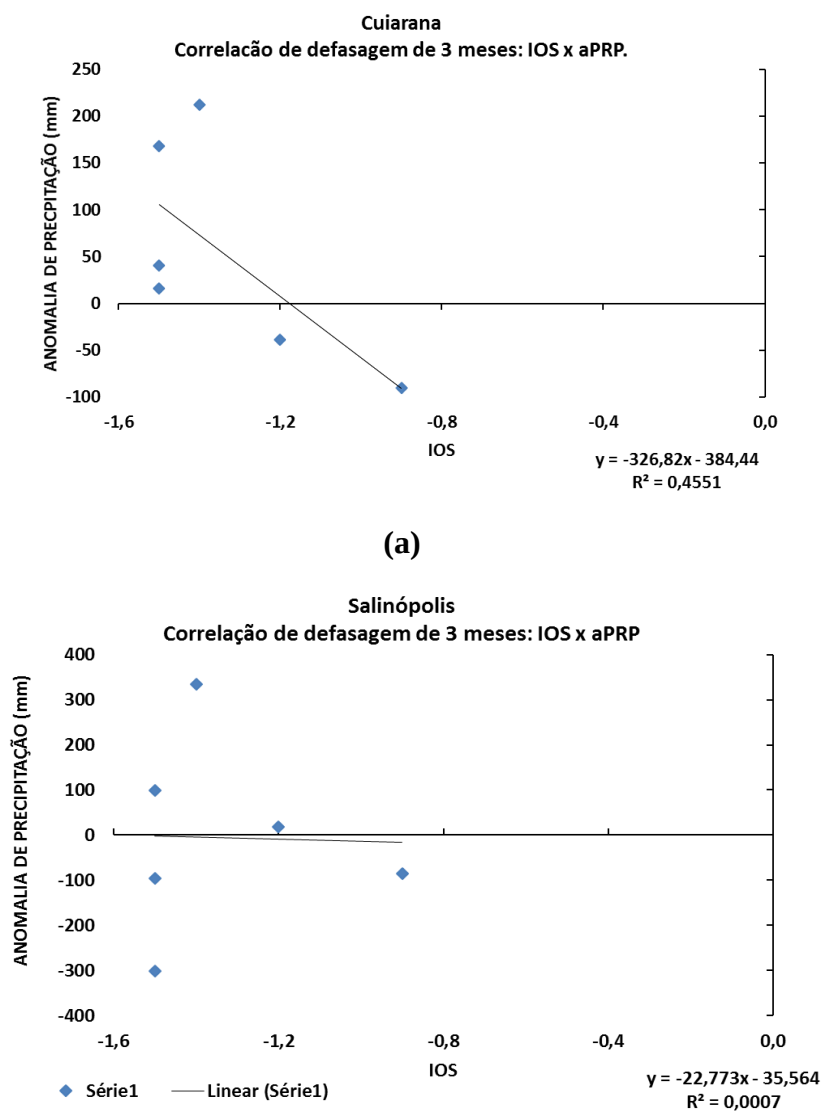
Tabela 3- Período correspondente a IOS de defasagem imposta para cada mês de aPRP da região de estudo, no período de La Niña.

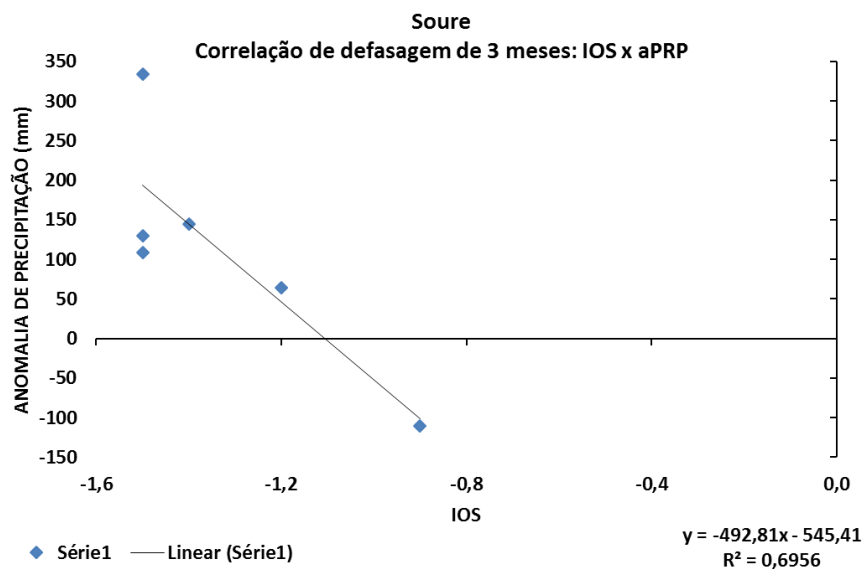
La Niña	Período de 6 meses					
Defasagem de IOS	Out/10	Nov/10	Dez/10	Jan/11	Fev/11	Mar/11
Anomalia de Precipitação	Jan/11	Fev/11	Mar/11	Abr/11	Mai/11	Jun/11

Fonte: Do autor (2015).

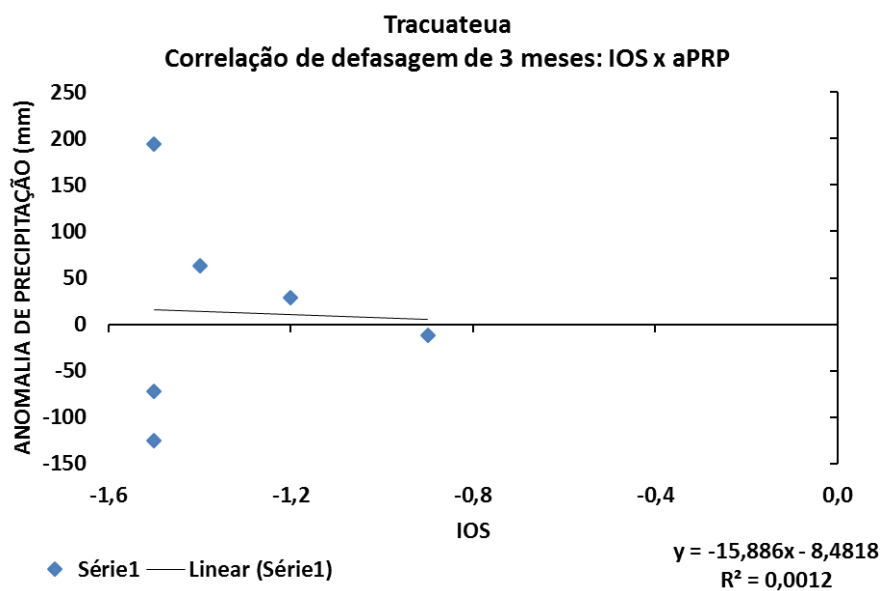
As correlações defasadas obtidas na figura 15, para o período de La Niña 10/11 e aPRP de Jan/11 a Jun/11 o coeficiente de correlação entre IOS – aPRP, apresentaram melhor correlação com defasagem de tempo em Soure de 0,69 e Cuiarana de 0,45, enquanto em Tracuateua de 0,0012 e Salinópolis de 0,0007, ou seja, uma relação bem abaixo, percebe-se que quando ocorre uma tendência de diminuição da temperatura no oceano Pacífico há uma maior aPRP positiva na região, pois em Cuiarana e Soure a IOS teve uma forte influência na aPRP positiva, entretanto em Salinópolis e Tracuateua pouca influência na convecção local, o que nos leva a observar outros sistemas locais influenciaram na região em estudo como: ZCIT, Lis, Brisas, Alísios.

Figura 15. Dispersão defasada de 3 meses para o período de La Niña em Cuiarana – PA (a), Salinópolis – PA (b), Soure –PA (c) e Tracuateua – PA (d), entre anomalia de precipitação (aPRP) com ao Índice de Oscilação Sul (IOS) ao período de 2010 e 2011.





(c)



(d)

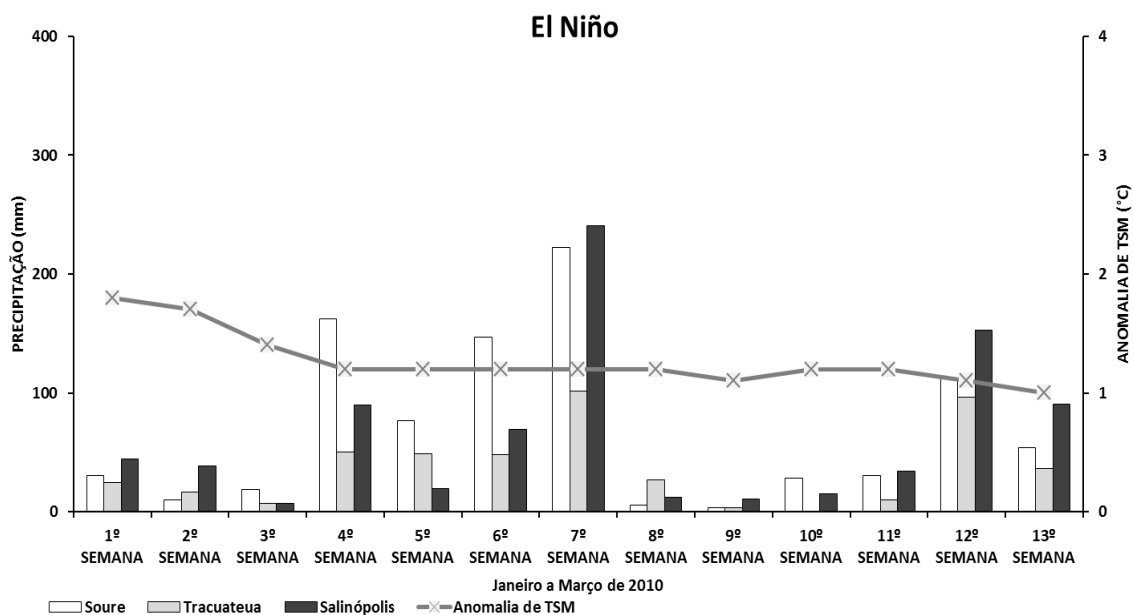
Fonte: Do autor (2015).

4.4 Estudo de caso

El Niño

Nas figuras 16 mostra aTSM semanal no período de Janeiro a Março de 2010 em que o fenômeno do El Niño continuava em sua fase ativa no Oceano Pacífico Equatorial, o que influenciou na precipitação de Salinópolis, Soure e Tracuateua. Observa-se que para o período chuvoso da região em estudo, a precipitação em Tracuateua foi o mais influenciado, sendo o menos chuvoso comparado com as demais localidades, pois as chuvas se comportaram bem abaixo de 100 mm semanalmente em quase todo o período observado, entretanto em Salinópolis e Soure não sofreram muito em comparação com Tracuateua, tendo índices de precipitação mais significativos entre a 4ª a 7ª semana no começo do ano de 2010.

Figura 16. Precipitação Semanal e Anomalia de Temperatura da Superfície do Mar Semanal de janeiro de 2010 a março de 2010, na fase de El Niño.

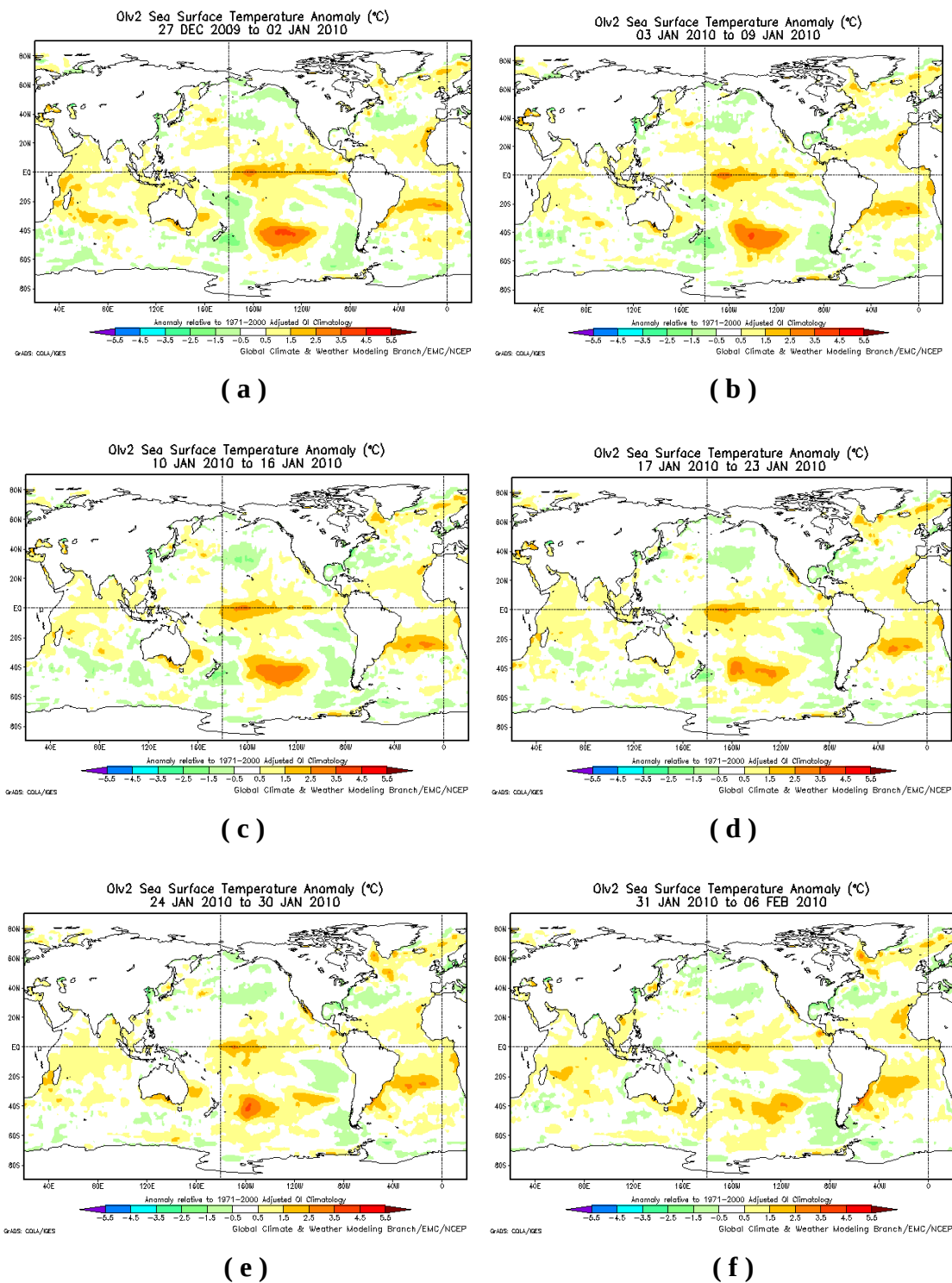


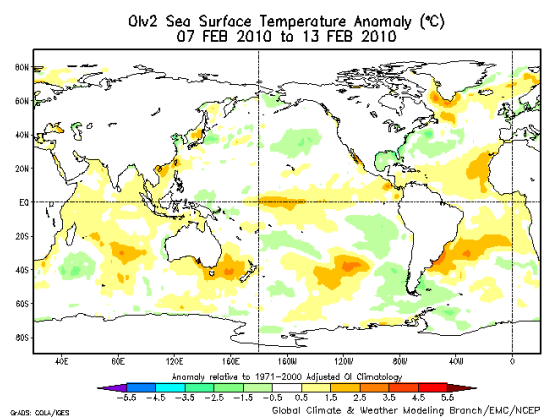
Fonte: Do autor (2015).

Na figura 17 mostra a anomalia de TSM semanal global observada do final do mês de dezembro de 2009 a começo de Abril de 2010, observa-se que nos locais em estudo houve um predomínio de anomalia positiva no Pacífico Equatorial, o qual a aTSM semanal estava bem mais intensa e durante as semanas foi se desintensificando sua área de atuação, enquanto que próximo ao litoral nordeste do Pará, se comportou de

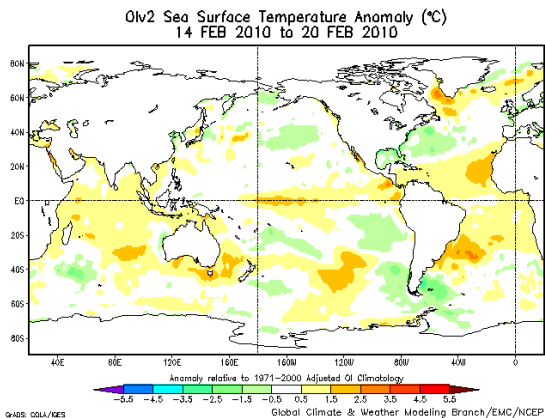
forma neutra e mais aquecida no Atlântico Norte, o que favoreceu na posição ZCIT (Figura. 18), mais ao Norte de sua climatologia.

Figura 17. Anomalia da Temperatura da Superfície do Mar Semanal Global na fase do El Niño.

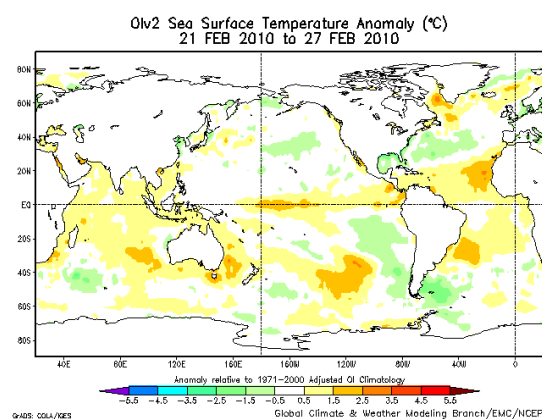




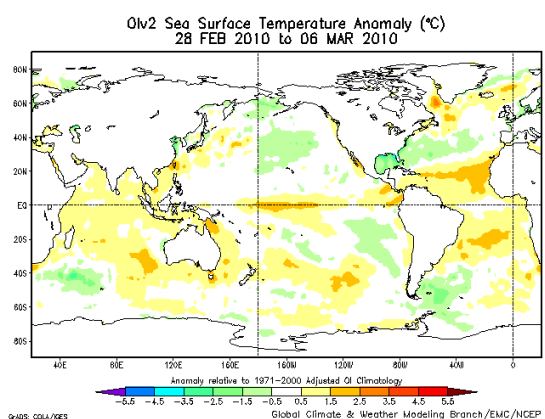
(g)



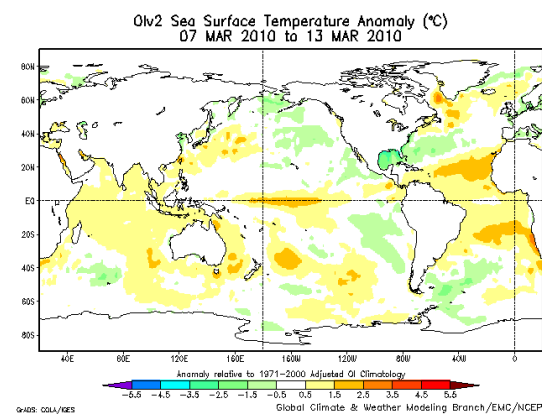
(h)



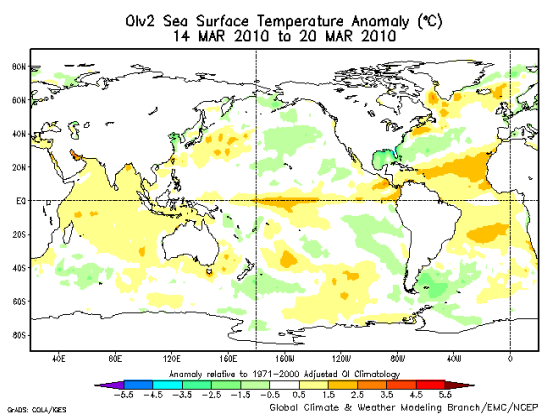
(i)



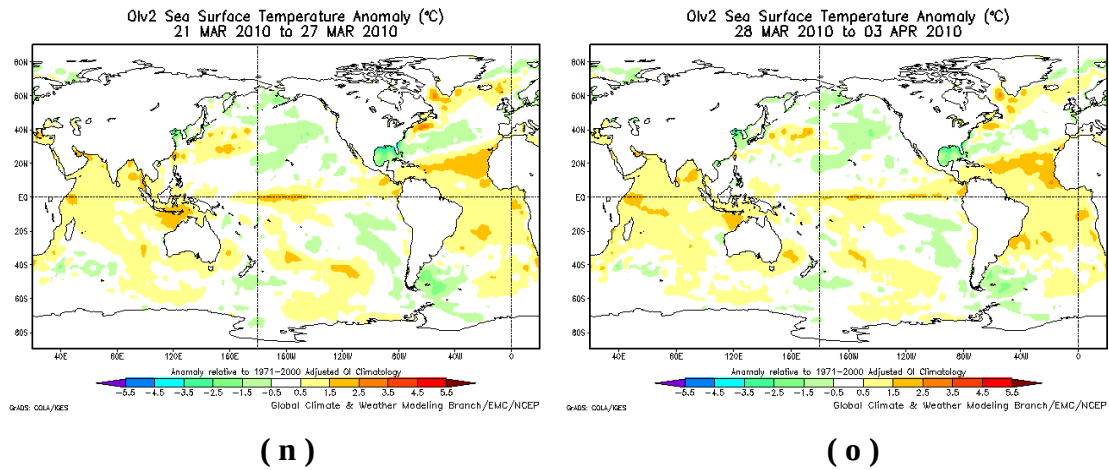
(j)



(l)

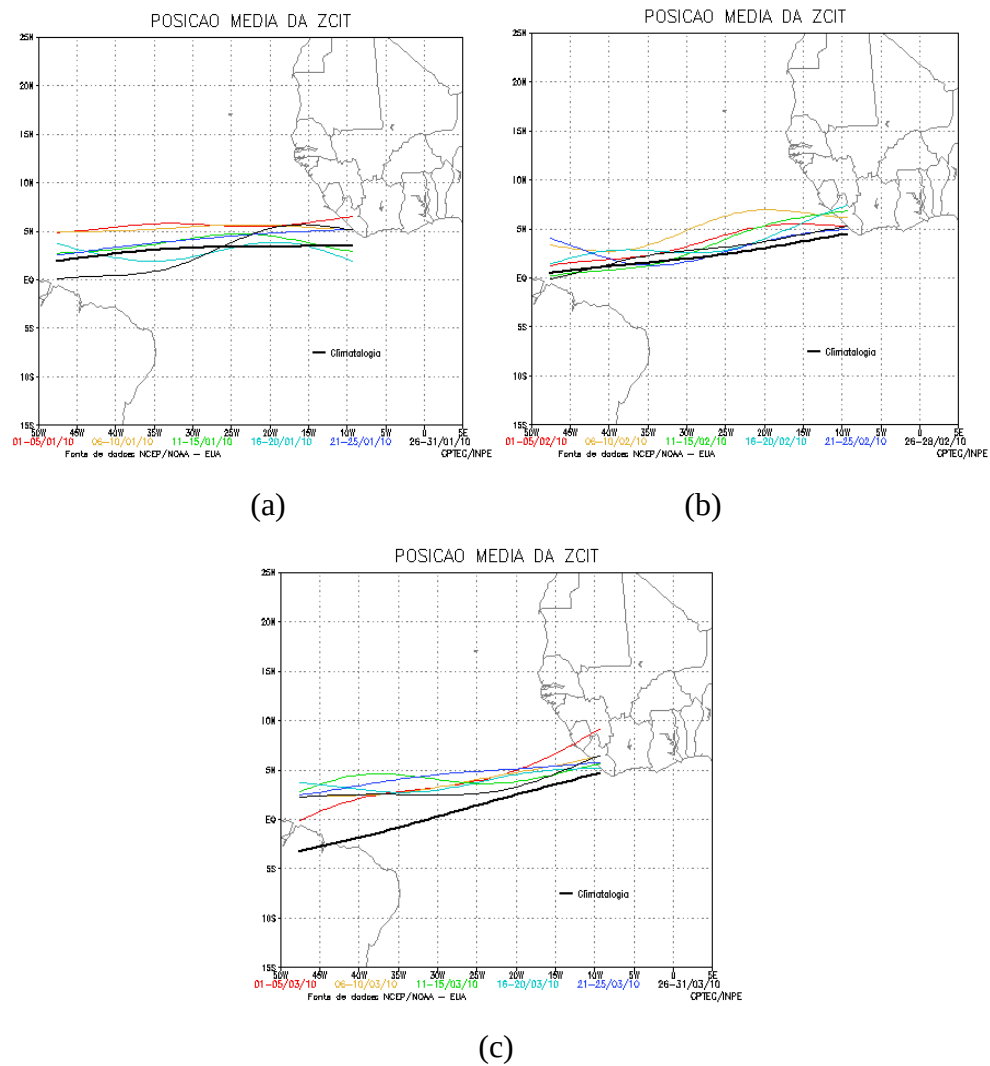


(m)



Fonte: NOAA (2015)

Figura 18. Estimativa da posição média pentadal da ZCIT, em janeiro (a), fevereiro (b) e março (c) de 2010, a partir da localização dos mínimos valores de ROL ao longo do Oceano Atlântico Equatorial. A linha preta é indicativa da posição média climatológica da ZCIT nestes meses.

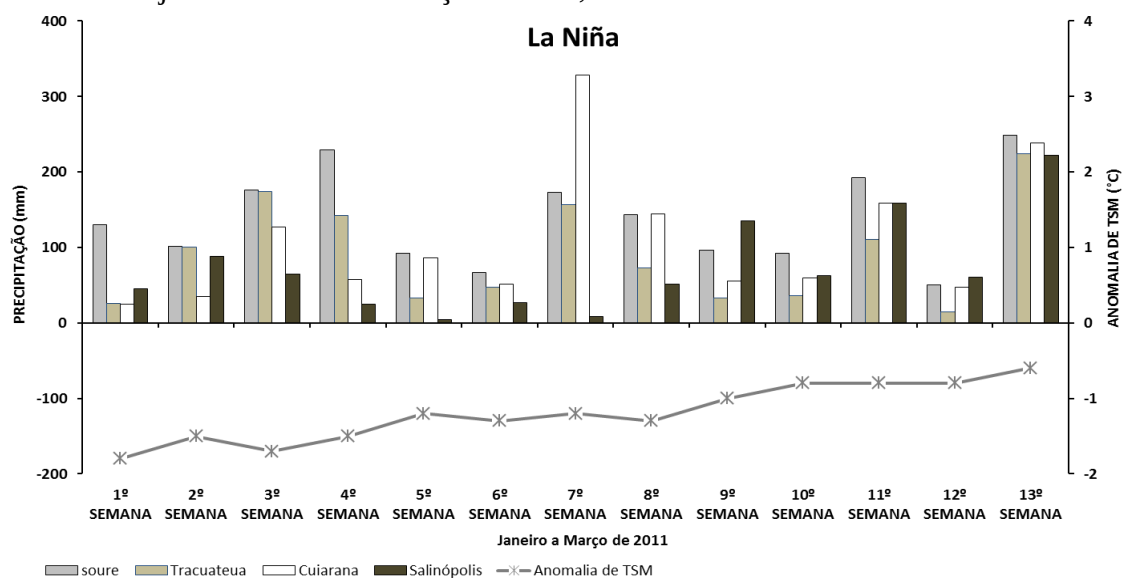


Fonte: CLIMANALISE (2015).

La Niña

A figura 19, mostra a relação entre a aTSM semanal negativa no Pacífico Equatorial com aumento da precipitação semanal de Cuiarana, Salinópolis, Soure e Tracuateua de Janeiro a Março de 2011 na fase do fenômeno La Niña, pois observa que a aTSM negativa contribuiu para chuvas mais elevadas, em relação ao mesmo período do ano de 2010, influenciando também na posição da ZCIT, Ventos Alísios, Lis, brisas. Sendo que algumas localidades tiveram uma forte influencia do fenômeno La Niña e outras pouca, sendo que na 13ª semana nas quatro localidades estiveram chuvas acima de 200 mm. A ZCIT descolocou-se mais ao sul em Fevereiro e Março o que favoreceu o aumento das chuvas na região e em conjunto com a nebulosidade associada ao VCANs, como também as Lis, Brisas e afeitos convectivos locais.

Gráfico 19. Precipitação Semanal e Anomalia de Temperatura da Superfície do Mar Semanal de janeiro de 2011 a março de 2011, na fase de La Niña.

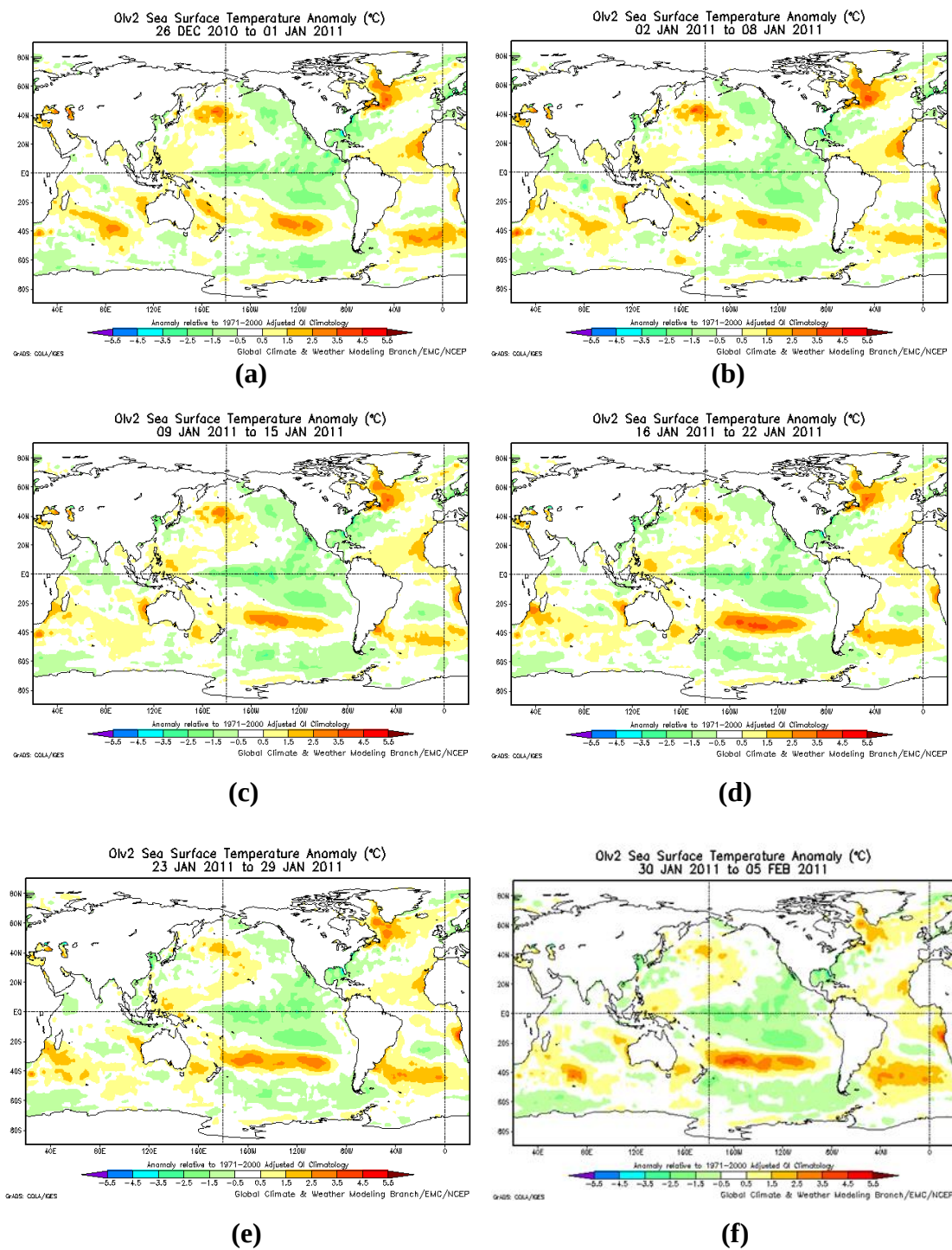


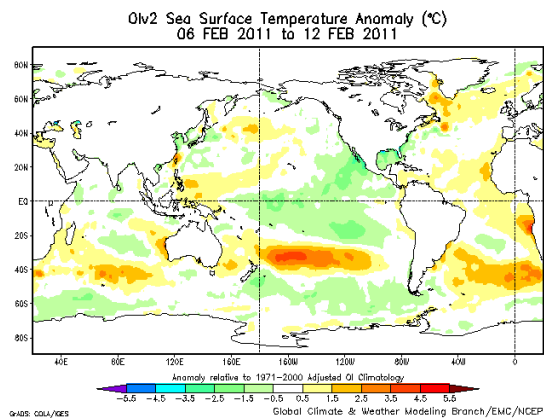
Fonte: Do autor (2015).

Na figura 20 mostra a anomalia de TSM semanal global observada do final do mês de dezembro de 2010 a começo de Abril de 2011, observa-se que nos locais em estudo houve um predomínio de anomalia negativa no Pacífico Equatorial, o qual a aTSM semanal estava bem mais extensa e intensa durante as semanas foi se desentensificando sua área de atuação, enquanto que próximo ao litoral nordeste do Pará, a aTSM se comportou de forma aquecida próximo a costa nordeste do Brasil o que

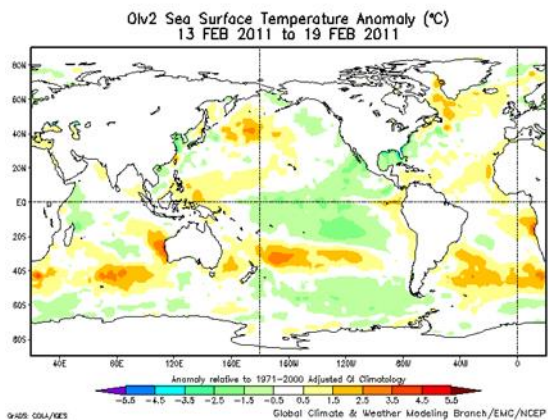
favoreceu as chuvas próximo a região de estudo, como no posicionamento da ZCIT (Figura.21) próximo da costa litorânea do Brasil.

Figura 20. Anomalia da Temperatura da Superfície do Mar Semanal Global na fase do La Niña.

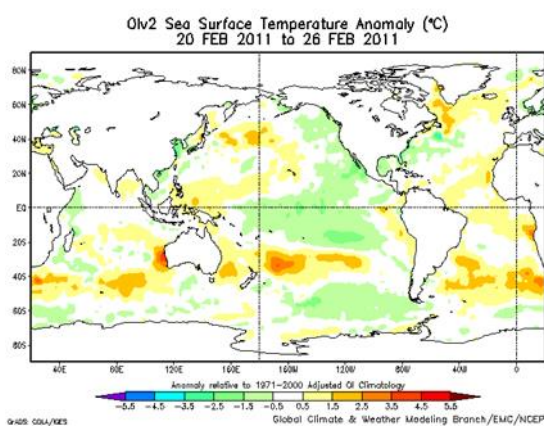




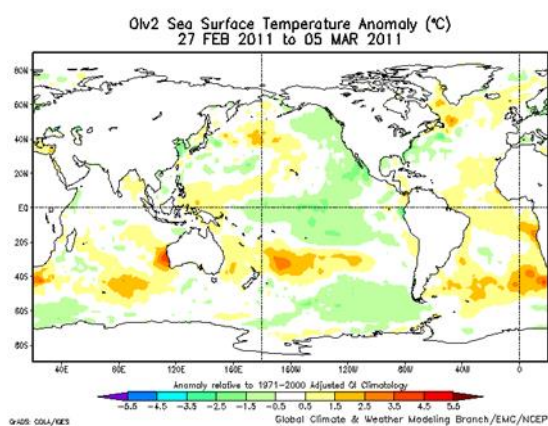
(g)



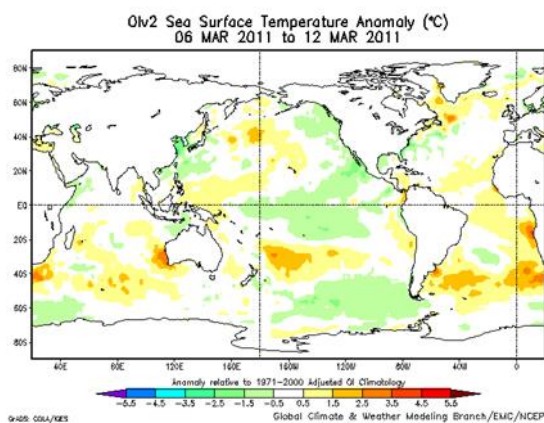
(h)



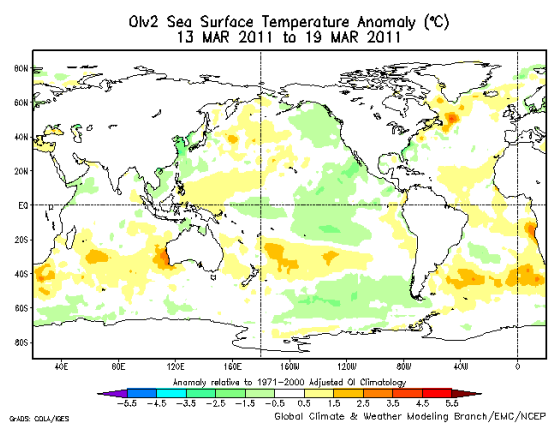
(i)



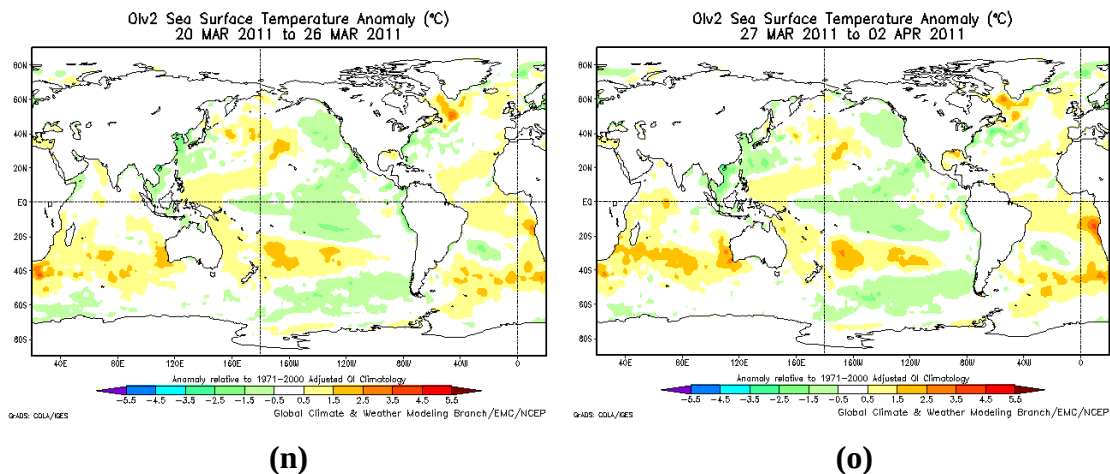
(j)



(l)

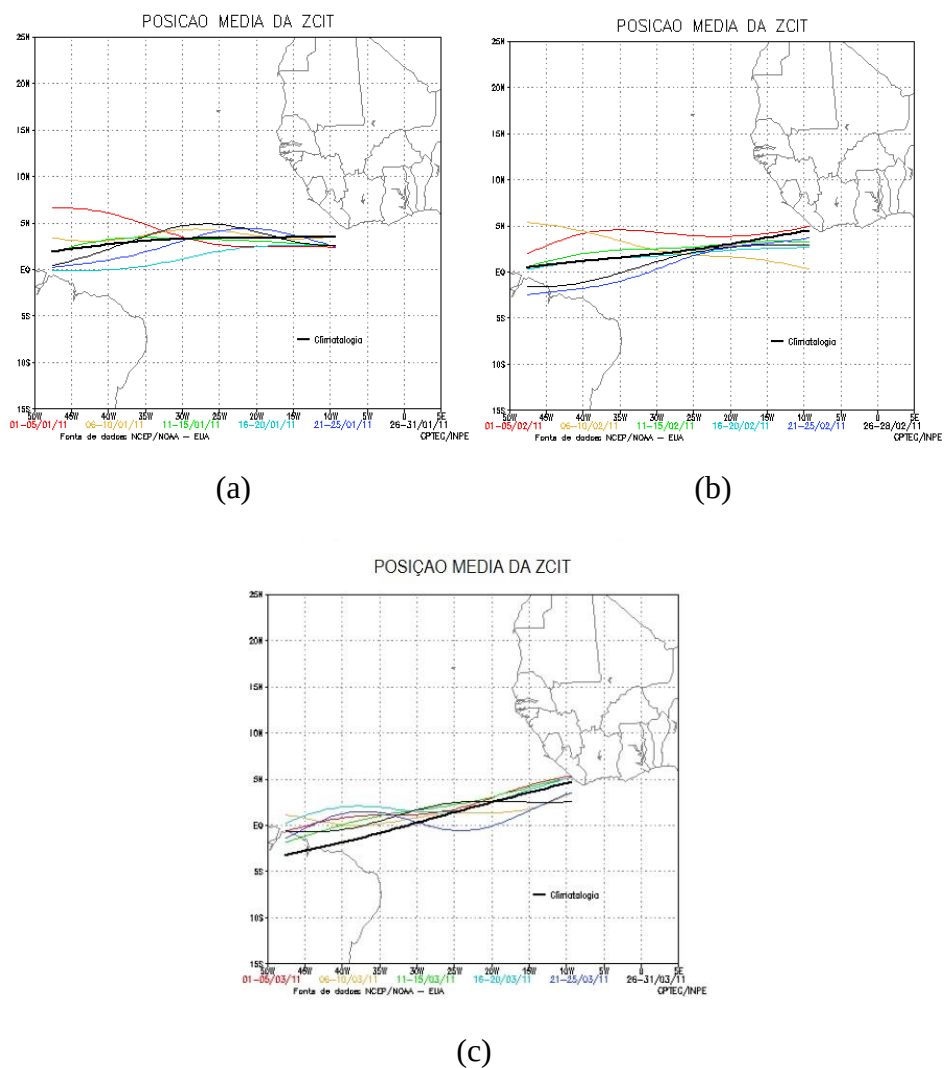


(m)



Fonte: NOAA (2015).

Figura 21. Estimativa da posição média pentadal da ZCIT, em janeiro (a), fevereiro (b) e março (c) de 2011, a partir da localização dos mínimos valores de ROL ao longo do Oceano Atlântico Equatorial. A linha preta é indicativa da posição média climatológica da ZCIT nestes meses.



Fonte: CLIMANALISE (2015)

5 CONCLUSÃO

Os resultados deste trabalho mostram que no período de estudo de 2010 a 2014 as aTSM dos Oceanos Pacífico e Atlântico próximo ao litoral do nordeste do Pará, influenciaram na dinâmica climática da precipitação da região, causando um aumento ou diminuição na precipitação local.

- No período do fenômeno El Niño, ocorreu uma diminuição da precipitação em Salinópolis e Tracuateua, com exceção em Soure.
- Na fase do fenômeno La Niña, percebeu-se que nem sempre quando as águas estão mais frias no Pacífico, ocorreu chuvas acima da média climatológica
- A Correlação defasada para todo o período entre IOS e a PRP, apresentou maior correlação positiva em Cuiarana do que nas demais localidades.
- Para os eventos mais significativos de El Niño e La Niña, a correlação entre IOS e aPRP, os que apresentaram maior correlação estatística foram:

El Niño: Tracuateua e Salinópolis.

La Niña: Cuiarana e Soure

- No período semanal o aquecimento (resfriamento) de Janeiro a Março de 2010/2011 o El Niño e La Niña que teve influência direta com a precipitação próxima ao litoral nordeste do Pará, assim como no posicionamento da ZCIT que contribui os altos índices de chuvas.

REFERÊNCIAS

- ACEITUNO, P. On the functioning of the Southern oscillation in the South American sector. Part I: Surface climate. *Monthly Weather Review*, v. 116, n. 3, p. 505-524, 1988.
- ARAGÃO, J.O.R. Fatos sobre o fenomeno de El Nino e sua relação com as secas no Nordeste do Brasil. *Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia*, v.14, n.1, p.:2-8, 1990.
- BARROS, S. S. *Precipitação no centro de lançamento de Alcântara: aspectos observacionais e de modelagem*. 2008. 112 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2008. (INPE-15319-TDI/1362).
- BJERKNES, J. Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. *Monthly Weather Review*, v.97, p.163-172. 1969.
- CAVALCANTI, I.F.A. *Um estudo sobre interações entre sistemas de circulação de escala sinótica e circulações locais*. 1982. 113 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia)-Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1982. (INPE-2494-TDL/097).
- CAVALCANTI, I.F.A.; KOUSKY, V.E. Influências da circulação de escala sinótica na circulação de brisa marítima na costa N-NE da América do Sul. São José dos Campos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2., 1982, Pelotas. *Anais...*Rio de Janeiro: SBMET, 1982. p. 844-848.
- CENTRO DE PESQUISAS DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS (CPTEC) – BOLETIM CLIMANÁLISE. *Estimativa da posição média pentadal da ZCIT, em janeiro (a), fevereiro (b) e março (c) de 2010 e 2011*. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br>>. Acesso em Jan a Jul.. 2015.
- CENTRO DE PESQUISAS DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS (CPTEC) - *Efeitos do El Niño e La Niña no clima em diferentes regiões do planeta*. <<www.cptec.inpe.br>>Acesso em Jan a Jul. 2015.
- COHEN, J.C.P. *Um estudo observacional de linhas de instabilidade na Amazônia*. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - INPE, São José dos Campos, 1989. (INPE-4865-TDL/376)
- COHEN, J. C. P; SILVA DIAS, M. A F.; NOBRE C. A. Aspectos climatológicos das linhas de instabilidade na Amazônia. *Climanálise*, São José dos Campos, v. 4, n.11, p. 34-40, Nov. 1989.
- COHEN, J. C. P.; DIAS, M. A. F. SILVA; NOBRE C. A. Environmental conditions associated with Amazonian squall lines: a case study. *Monthly Weather Review*, v. 123, n.11, p. 3163-3174, Nov. 1995.

COUTINHO, E. C.; FISCH, G. Distúrbios ondulatórios de Leste (DOLs) na região do Centro de Lançamento de Alcântara – MA. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.22, n.2, p. 193-203, 2007.

GAN, M. A; KOUSKY, V. E. *Estudo observacional sobre as baixas frias da alta troposfera nas latitudes subtropicais do Atlântico Sul e Leste do Brasil*. 1982. 80f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - INPE, São José dos Campos, 1982.

GRIMM, A.M.; BARROS, V.R.; DOYLE, M.E. Climate variability in southern South America associated with El Niño and La Niña events. *Journal of Climate*, Boston v.13, n.01, p. 35-58, Jan., 2000.

GRIMM, A.M. How do La Niña events disturb the summer monsoon system in Brazil? *Climate Dynamics*, n. 22, p. 123-138, 2004.

HASTENRATH, S. On Modes of tropical circulation and climate anomalies. *Journal Atmospheric Sciences*, v. 35, n. 12, p. 2222-2231, Dec. 1978.

HASTENRATH, S. Interannual variability and annual cycle: mechanisms of circulation and climate in the tropical Atlantic. *Monthly Weather Review*, v. 112, n. 6, p. 1097-1107, June 1984.

HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in Northeast Brazil. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, v. 103, n. 435, p.77-92, Jan. 1977.

KOUSKY, V.E. Diurnal rainfall variation in Northeast Brazil. *Monthly Weather Review*, v.108, n. 4, p. 488-498, Apr. 1980.

KOUSKY, et al. Principal modes of outgoing longwave radiation and 250-mb circulation for the South American sector. *Journal of Climate*, v. 7, n. 7, p. 1131-1143, 1994.

KOUSKY, V. E.; CAVALCANTI, I. F. A. Eventos oscilação Sul-El Niño: características, evolução e anomalias de precipitação. *Ciência e Cultura*, v. 36, n. 11, p. 1888- 1899, 1984.

KOUSKY, V. E.; KAYANO, M. T. Principal modes of outgoing longwave radiation and 250mb circulation for South American sector. *Journal of Climate*, v.7, p.1131-1142, 1994.

MADDEN, R.A.; JULIAN, P. R. Observations of the 40-50 day tropical oscillation - a review. *Mon. Wea. Rev.*, 122, 814-837, 1994.

MARKHAM, C. G.; MCLAIN, D. R. Sea surface temperature related to rain in Ceará, northeastern Brazil. *Nature* , v. 265, n. 5592, p. 320-323, Jan. 1977.

MOHR, K.I.; FAMIGLIETTI, J.S.; ZIPSER, E.J. The contribution to tropical rainfall with respect to convective system type, size, and intensity estimated from the 85-GHz Ice-scattering signature *J. Appl. Meteorol.*, v. 38, p. 596-606, 1999.

MOLION, L.C.B.; BERNADO, S.O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste Brasileiro. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v 17, n.1, p.1-10, 2002.

MOLION, L. C. B.; KOUSKY, V. E. *Uma contribuição à climatologia de dinâmica da troposfera tropical sobre a Amazônia*. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. (Relatório Técnico INPE – 3560-RPE/480), mar. 1981.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOOA). *Anomalia da Temperatura da Superfície do Mar Semanal Global na fase do La Niña e El Niño*. Disponível em: << www.noaa.gov >> Acesso em: Mai. 2014.

MOTA, M.A.S.; SOUZA, P.F.S. Influência da precipitação nas características termodinâmicas da atmosfera durante um mês seco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 9., 1996, Campos do Jordão. *Anais*. Campos do Jordão: SBMET, 1996. p. 1136-1138.

MOURA, A.; SHUKLA, J. On the dynamics of droughts in Northeast Brazil: observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. *Journal of the Atmospheric Sciences*, v. 38, n. 12, p. 2653-2675, Dec.1981

NAGHETTINI, M.; PINTO, E.J.A. *Hidrologia estatística*. Belo Horizonte: CPRM, 2007. p.357-358.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E.J.A. *Hidrologia estatística*. Belo Horizonte: CPRM, 2007. p. 362-363.

NOBRE, C. A.; MOLION, L. C. B. *Climanálise Especial - Edição Comemorativa de 10 Anos*. 1 ed. N 1, p: Cachoeira Paulista - SP: CPTEC/INPE - ISSN 0103-0019, 1996.

OLIVEIRA, M.C.F. Variabilidade interanual da precipitação associada ao fenômeno de El niño em Belém-PA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 8. e CONGRESSO LATINO AMERICANO E IBÉRICO DE METEOROLOGIA, 2., 1994, Belo Horizonte. *Anais*. Belo Horizonte: SBMET, 1994. p. 119-122.

PHILANDER, S. G. *El Niño, La Niña and the southern oscillation*. San Diego – CA: Academic Press, 1990. 293p. (International Geophysics Series).

PHILANDER, S.G.H ; YI CHAO, On the contrast between the seasonal cycles of the equatorial Atlantic and Pacific Oceans, *J. Phys. Oceanogr.*, 21, 1399-1406, 1991.

RASMUSSEN, F. M.; CARPENTER, T. H. Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Niño. *Monthly Weather Review*, v. 110, n.5, p.354-384. 1982.

ROCHA, E.J.P. *Balanço de umidade e influencia de condições de contorno superficiais sobre a precipitação da Amazônia*. 2001. 210p. (INPE-10243- TDI/904). Tese (Doutorado em Meteorologia)-Instituto Nacional de pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2001.

ROPELEWSKI, C. F.; HALPERT, M. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. *Montlhy Weather Review*, v.115, p.1606-1626. 1997.

SERVAIN J. Simple climatic indexes for the tropical Atlantic-Ocean and some applications. *Journal of Geophysical Research - Oceans*, v. 96, n. C8, p. 15137- 15146, Aug. 1991.

SILVA, L.M.O.; SANTOS, M.A.R. Estudo do comportamento das variáveis termodinâmicas de meso-escala e possível correlação com a precipitação convectiva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 6., 1990, Salvador. *Anais...* Salvador: SBMET, 1990. p. 445-449.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. *Meteorologia e climatologia florestal*. Curitiba: UFPR, 2004.

SOUZA JÚNIOR, J. A.; OLIVEIRA, M. C. F.; DANTAS, V. A. ; SOUZA, P. F. S. ; BARROS, A. N. F. Influência da precipitação no balanço hídrico nos municípios de Soure e Monte Alegre / PA 1971 A 2000. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 14., 2006, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: SBMET, 2006. p.697-702

UVO, C.R.B. *A Zona de convergência intertropical (ZCIT) e sua relação com a precipitação da região Norte do Nordeste Brasileiro*. 1989. 82f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP. 1989.