



**Análise Comparativa do Regime Pluviométrico entre
Anos Secos e Chuvosos na Bacia do Rio Piranhas Açu**
Comparative Analysis of the Pluviometric Regime
Between Dry and Rainy Years in the Piranhas Açu River Basin

Maytê Duarte Leal Coutinho¹; Ana Carla dos Santos Gomes²;
Michelyne Duarte Coutinho de Moraes³ & Meiry Sayuri Sakamoto¹

¹Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME). Av. Rui Barbosa, 1246, 60115-221, Fortaleza, CE - Brasil

²Universidade Federal do Oeste do Pará, Rua Vera Paz, s/n, 68035110 – Santarém, PA - Brasil

³Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Av. dos Astronautas, 1758, 12227-010, São José dos Campos, SP - Brasil

Emails: mayte.coutinho@funceme.br; anacarlasg02@gmail.com; michelyne_duarte@yahoo.com.br; meiry@funceme.br

Recebido em: 25/07/2018 Aprovado em: 10/11/2018

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2018_3_758_765

Resumo

A precipitação é uma das variáveis meteorológicas mais importante em estudos climáticos das diversas regiões do Brasil. Tal importância deve-se as consequências do que ela pode ocasionar, quando em excesso ou em deficiência para os setores produtivos da sociedade. Neste estudo, objetiva-se compreender o comportamento do regime pluviométrico na bacia do Rio Piranhas-Açu, localizado entre os estados da Paraíba e Rio Grande do Norte, no período de 1970 a 2015 e também, analisar a qualidade das chuvas no período chuvoso de alguns anos secos e úmidos no intuito de identificar uma possível influência dos El Niño Oscilação Sul (ENOS) nestes anos. Como principais resultados, o regime pluviométrico caracterizou-se com valor médio total anual de 247 mm, com certa tendência de acréscimo dos totais anuais nos últimos anos. No que diz respeito aos anos secos e úmidos, observou-se que dois anos (1980 e 1984) apresentaram condições de neutralidade no Oceano Pacífico, mas o comportamento das chuvas na quadra chuvosa foram diferentes: chuvoso e seco, respectivamente. Isto ocorreu porque o dipolo da temperatura da superfície do mar (TSM) do Atlântico foi favorável/desfavorável (negativo/positivo) às chuvas, contribuindo/prejudicando a qualidade das chuvas no trimestre FMA da região.

Palavras-chave: Precipitação; ENOS; TSM; Nordeste do Brasil

Abstract

Precipitation is one of the most important meteorological variables in climatic studies in the different regions of Brazil. Such importance is due to the consequences of what it can cause, when in excess or in deficiency for the productive sectors of the society. The objective of this study is to study the behavior of the pluviometric regime in the Piranhas-Açu river basin, located between the states of Paraíba and Rio Grande do Norte, between 1970 and 2015, and to analyze a rainfall quality in the rainy season of Some years dry and humid without identification intention a possible influence of the El Niño- Southern Oscillation (ENSO) in these years. As a main result, the pluviometric regime was characterized by a total annual average value of 247 mm, with a certain trend of increasing annual totals in recent years. In relation to the dry and humid years, it was observed that two years (1980 and 1984) presented conditions of neutrality in the Pacific Ocean, but rainfall in the rainy season were different: rainy and dry, respectively. This is because the dipole of the Atlantic Ocean Surface Temperature (SST) was favorable / unfavorable (negative / positive) to the rainfall, contributing / impairing rainfall quality in the FMA quarter of the region.

Keywords: Precipitation; ENSO; SST; Northeast Brazil

1 Introdução

Sabe-se que o conhecimento da distribuição da precipitação de uma região, tanto no tempo como no espaço, é de suma importância não apenas para planejar a época de plantio e colheita, mas para trabalhos de conservação do solo, barragens, irrigação e drenagem, para cujos dimensionamentos adequados é fundamental conhecer quanto, onde e quando ocorrem (Silva et al. 2003).

A região Nordeste do Brasil (NEB) está situada na zona tropical, entre 35° e 47°W de longitude e de 1° e 18°S de latitude. Essa região é caracterizada por três diferentes climas: clima equatorial úmido, clima litorâneo úmido e clima tropical semiárido (Meneghetti & Ferreira, 2009). Do ponto de vista climático, o NEB é considerado semiárido por apresentar substanciais variações temporal e espacial da precipitação pluviométrica, e elevadas temperaturas ao longo do ano (Azevedo et al., 1998; Bernardo & Molion, 2002).

Devido à localização no extremo leste da América do Sul tropical, essa região está submetida à influência de diferentes fenômenos meteorológicos que lhe conferem características climáticas peculiares, únicas em regiões semiáridas do mundo. Segundo Barbosa & Correia (2005), a grande variabilidade no regime pluviométrico do NEB é em parte explicada em função dos diversos fenômenos que influenciam a região. A intensidade da precipitação depende da atividade convectiva associada com pelo menos quatro sistemas meteorológicos importantes: i. a zona de convergência intertropical (ZCIT), que no período de fevereiro a maio é responsável pelas precipitações que ocorrem no centro norte da região; ii. os distúrbios ondulatórios de leste são responsáveis pelas chuvas no leste do NEB entre maio e agosto; iii. os sistemas frontais que provocam as chuvas no centro sul do NEB e nos meses de novembro a janeiro; iv. os vórtices ciclônicos de altos níveis que, dependendo do seu posicionamento, provocam chuvas na primavera, verão e outono (setembro a abril), com máxima frequência no mês de janeiro (Calbete & Satyamurty, 1996; Coutinho et al., 2010).

Eventos significativos no NEB ocorrem com mais frequência em anos em que a ZCIT atinge posições mais ao sul do equador. Diversos estudos

ênfaticam a relação entre a intensidade e durabilidade da estação chuvosa e a posição da ZCIT (Correia, 1989; Uvo, 1989; Aragão et al., 2000). Entretanto, no norte do Nordeste Brasileiro (NNE) a semiaridez permanente é intensificada, provocando secas em alguns anos, pelas variações que ocorrem na circulação de grande escala e, possivelmente, por mecanismos externos ao sistema terra-atmosfera-oceano. Isto porque, eventos como o fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS) afetam o tempo e o clima globalmente. Logo, espera-se que as chuvas nordestinas sejam igualmente afetadas pelo fenômeno (Bernardo & Molion, 2002).

Vale lembrar que fenômenos de ENOS e o dipolo de temperatura da superfície do mar (TSM) no Atlântico tropical têm significativas influências na variabilidade climática interanual do NEB. Ropelewski & Halpert (1997) mostram que, em anos de El Niño e La Niña, a região apresenta respectivamente menos e mais precipitação anual do que a climatologia. De certa maneira, anos de El Niño e La Niña estão associados, respectivamente, com as fases positivas e negativas do padrão de dipolo de TSM. A fase positiva deste padrão caracteriza-se com anomalias de TSM positivas (setor norte) ou negativas (setor sul) da bacia do Atlântico tropical, e também com ventos e pressão ao nível do mar com anomalias, respectivamente, negativas e positivas. Em anos da fase negativa do dipolo de TSM, estas características são contrárias (Hastenrath, 1990; Nobre & Shukla, 1996).

Geralmente, pesquisas relacionam anos seco-chuvosos no NEB com o ENOS, mas estudos observacionais e estatísticos realizados por Hastenrath & Heller (1977) e simulações numéricas por Moura & Shukla (1981), Servain (1991) e Nobre & Shukla (1996), evidenciaram um padrão de anomalias da TSM sobre o oceano Atlântico tropical, chamado de Dipolo do Atlântico, e que este padrão está associado a mudanças nos valores de precipitação sobre o NNE (Nóbrega & Santiago, 2014).

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo principal analisar o comportamento do regime pluviométrico durante o período de 1970 a 2015 na Bacia do Piranhas-Açu, como também, comparar alguns anos secos e chuvosos com o Oceanic Niño Index (ONI) na quadra chuvosa desta região, no intuito de identificar uma possível influência dos ENOS.

2 Material e Métodos

2.1 Dados

Utilizaram-se as análises globais mensais de precipitação (Chen et al., 2002) que estão disponíveis desde 1948 até 2015. Estas são reconstruções de precipitação, definidas pela interpolação de observações em áreas continentais e pela reconstrução de observações históricas sobre o oceano. Estas análises são derivadas de observações de medição de mais de 17.000 estações coletadas na rede Global Historical Climatology Network (GHCN) e do Climate Anomaly Monitoring System (CAMS). Estes dados cobrem todo o globo, com uma resolução espacial de $0,5^\circ \times 0,5^\circ$. Neste estudo, o período utilizado foi de 1970 a 2015 totalizando 46 anos, o que representa uma boa climatologia para o estudo em questão.

2.1.2 Região de Estudo

A bacia do Piranhas-Açú está localizada na zona semiárida brasileira, situada no NEB e está inserida em território dos estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba. O rio Piranhas-Açú atravessa os Estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte, alcançando o Oceano Atlântico na proximidade da cidade de Macau, sendo, assim, um rio de domínio da União. Apresenta duas nascentes a depender do critério a se adotar ANA (2017).

A bacia traz um padrão de precipitação que tende a apresentar uma forte variabilidade interanual, ocasionando a alternância entre anos de chuvas regulares e anos de acentuada escassez hídrica, levando à ocorrência de secas hídricas.



Figura 1 Localização da Bacia do Piranhas-Açú (ANA, 2017).

2.2 Metodologia

2.2.1 Análise da Precipitação

Inicialmente foi analisada a precipitação mensal, a sazonal e a espacial, objetivando identificar o comportamento desta variável sobre a região de estudo no período de 1970 a 2015. Em um segundo momento, analisou-se apenas o trimestre mais chuvoso de alguns anos (1975, 1980, 1984 e 1992) considerados anos secos e úmidos no intuito de verificar uma possível relação com o fenômeno ENOS na região de estudo. Para isso, utilizaram-se os Oceanic Niño Index (ONI) a fim de comparação e os Tropicais Northern and Southern Atlantic Index (TNA / TSA) para o cálculo do Gradiente inter-hemisférico (dipolo) do Atlântico tropical. Os índices foram cedidos pelo National Centers for Environmental Prediction (NCEP/NOAA). O dipolo é calculado pela diferença entre a TSM do Atlântico Norte e a TSM do Atlântico Sul.

2.2.2 Análise Estatística

A estatística descritiva foi explorada no intuito de melhor compreender a precipitação no período do estudo. As medidas de estatística descritiva permitem sintetizar os dados da população ou da amostra através de um só valor. As medidas descritivas mais utilizadas são: medidas de tendência central, medidas de dispersão, medidas de assimetria, medidas de curtose e medidas de concentração. Neste estudo, calcularam-se as seguintes medidas:

i. Média:

É definida como a soma das observações dividida pelo número de observações. Se tivermos, por exemplo, n valores, temos:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

ii. Mediana

É o valor do item central da série quando estes são arranjados em ordem de magnitude. Definida como o valor que divide a série de tal forma que no mínimo 50% dos itens são iguais ou menores do que ela, e no mínimo 50% dos itens são iguais ou maiores do que ela.

$$mediana = \frac{(n+1)}{2}$$

iii. Desvio Padrão:

O desvio padrão é uma medida que só pode assumir valores não negativos e quanto maior for, maior será a dispersão dos dados.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

iv. Variância:

É definida como a média dos desvios ao quadrado em relação à média da distribuição.

$$\sigma^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

3 Resultados e Discussão

3.1 Precipitação Acumulada Mensal

Conforme mostra a Figura 2, observa-se que o período de maior concentração das chuvas acontecem em dois meses: março e abril. Isto sugere que a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é o principal sistema meteorológico indutor de chuvas nesta bacia. Isto porque, a ZCIT ao migrar mais ao sul de sua posição, provoca chuvas sobre o norte do NEB (Uvo & Nobre, 1989; Xavier et al., 2000). Verifica-se ainda, que o período chuvoso fica entre os meses de fevereiro a abril e o período seco, entre agosto e novembro.

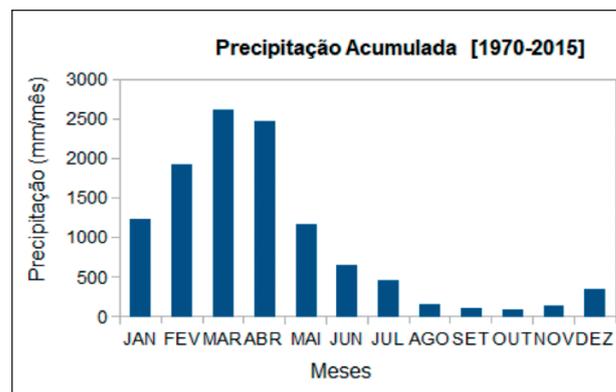


Figura 2 Precipitação acumulada mensal no período de 1970 a 2015 na Bacia do rio Piranhas-Açu.

A precipitação média mensal e o desvio padrão dos 46 anos de estudo são mostradas na Figura 3. É possível observar, que a variabilidade da precipitação média da bacia é maior no primeiro semestre do ano (janeiro-abril). Isso está associado a intensidade das chuvas, que é máxima nos dois meses mais chuvosos (março e abril), em decorrência da maior atividade nesse período Kousky (1979), uma vez que, coincide com maiores desvios padrão, chegando a 30 mm/mês em abril. A quase ausência de atividade convectiva de grande escala nos meses de agosto a novembro na bacia reflete a baixa variabilidade da precipitação e, do desvio padrão com valores próximo de zero (Tabela 1).

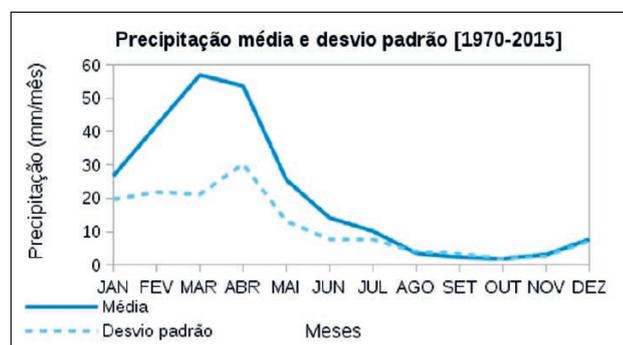


Figura 3 Precipitação média mensal e desvio padrão no período de 1970-2015.

Na Figura 4 observa-se o gráfico da distribuição do total anual das precipitações ocorridas na bacia do Piranhas-Açu, no período de 1970 a 2015. A precipitação anual média deste período é de 247 mm. O ano de 1992 apresentou a menor ocorrência de chuva, com valor em torno de 99 mm, e o ano que mais choveu foi 1984, com 513 mm (Figura 4). Verifica-se que nos anos de 2012 a 2015 a bacia obteve valores anuais próximo de 220 mm. A seguir, esses anos são estudados com mais detalhes.

Os resultados obtidos com a aplicação da estatística descritiva da precipitação mensal e anual estão apresentados na Tabela 1.

		ESTATÍSTICA DESCRITIVA [1970-2015]											
		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Média		27	42	57	54	25	14	10	3	2	2	3	8
Mediana		19	38	53	46	25	15	8	2	2	1	2	6
Variância		386	478	449	916	170	58	58	15	11	3	8	52
Desvio padrão		20	22	21	30	13	8	8	4	3	2	3	7
Soma total		1227	1925	2620	2467	1172	647	465	161	103	85	141	352
Contagem		46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46

Tabela 1 Análise exploratória dos dados de precipitação média mensal e anual acumulada na bacia do Piranhas-Açu.

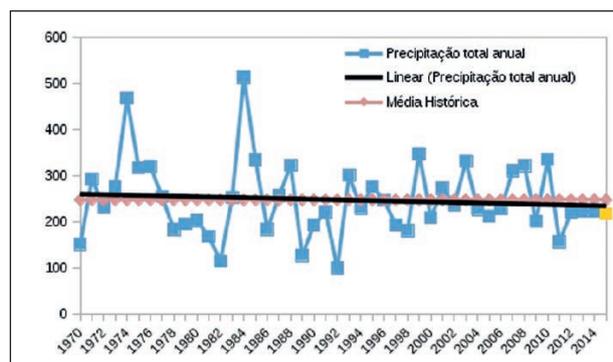


Figura 4 Série temporal da precipitação total anual na bacia do Piranhas-Açu no período de 1970-2015.

Como se observa a Tabela 1, o mês de março apresentou a maior precipitação média, 57 mm e os meses setembro e outubro apresentam a menor precipitação média, 2 mm (retângulo vermelho). Como destacado na tabela, o trimestre mais chuvoso é fevereiro-março-abril (FMA) com soma total de 1925, 2620 e 2467 mm respectivamente (retângulo azul). É possível verificar que todos os meses possuem distribuição assimétrica positiva, ou seja, os valores médios são maiores que a mediana, sendo assim, mais da metade dos dados estão abaixo da média.

3.2 Análise Espacial da Precipitação Sazonal

A Figura 5 mostra a distribuição sazonal e espacial da precipitação média na bacia do Piranhas-Açu. Nota-se claramente dois períodos distintos: um chuvoso (Figura 5B), nos trimestres março-abril-maio (MAM) e seco (Figura 5D) em setembro-outubro-novembro (SON), podendo-se considerar o trimestre junho-julho-agosto (JJA) e dezembro-janeiro-fevereiro (DJF) como meses de transição (Figura 5A, 5C) respectivamente.

As chuvas que ocorrem durante o trimestre mais chuvoso (MAM) estão associadas à atuação da ZCIT que, durante este período, migra mais ao sul

de sua posição, ficando próximo da costa norte do NEB. Estas chuvas costumam ocorrer em forma de pancadas e de maneira localizada, vindo geralmente acompanhadas de fortes rajadas de vento, trovoadas e com ocasional queda de granizo (chuvas convectivas). Ocorrem de maneira bem distribuída espacialmente, porém observa-se que os maiores índices costumam ocorrer na parte sul da bacia. Os índices médios da precipitação neste período costumam variar entre 20 mm a 140 mm no trimestre MAM (Figura 5B).

No período seco (SON), os maiores índices pluviométricos costumam ocorrer no sudoeste da bacia. As chuvas costumam ocorrer principalmente no período da noite e da madrugada, ocorrendo de maneira mais duradoura e em forma de garoa, que atingem áreas amplas. Os índices médios da precipitação neste período costumam variar entre 0 mm e 40 mm no trimestre SON (Figura 5D).

3.3 Casos dos Anos Secos e Chuvosos

A fim de identificar uma possível influência dos ENOS na quadra chuvosa desta região, separaram-se alguns anos secos e chuvosos para análise. Verifica-se que os anos de 1975 e 1984 apresentam maior acumulado de precipitação, enquanto os anos de 1980 e 1992 menores acumulados (Figura 6). É sabido que existem diversos mecanismos dinâmicos que afetam o clima de determinadas regiões na América do Sul. Os mais conhecidos são os ENOS e a variabilidade da TSM, no Oceano Atlântico tropical (Silva, 2006).

Aqui, não é feita uma análise detalhada destes mecanismos, por não ser o foco do nosso estudo. No entanto, compara-se os anos secos e chuvosos com a ocorrência dos ENOS a partir das informações do ONI cedidas pelo NCEP/NOAA no trimestre FMA (Tabela 2).

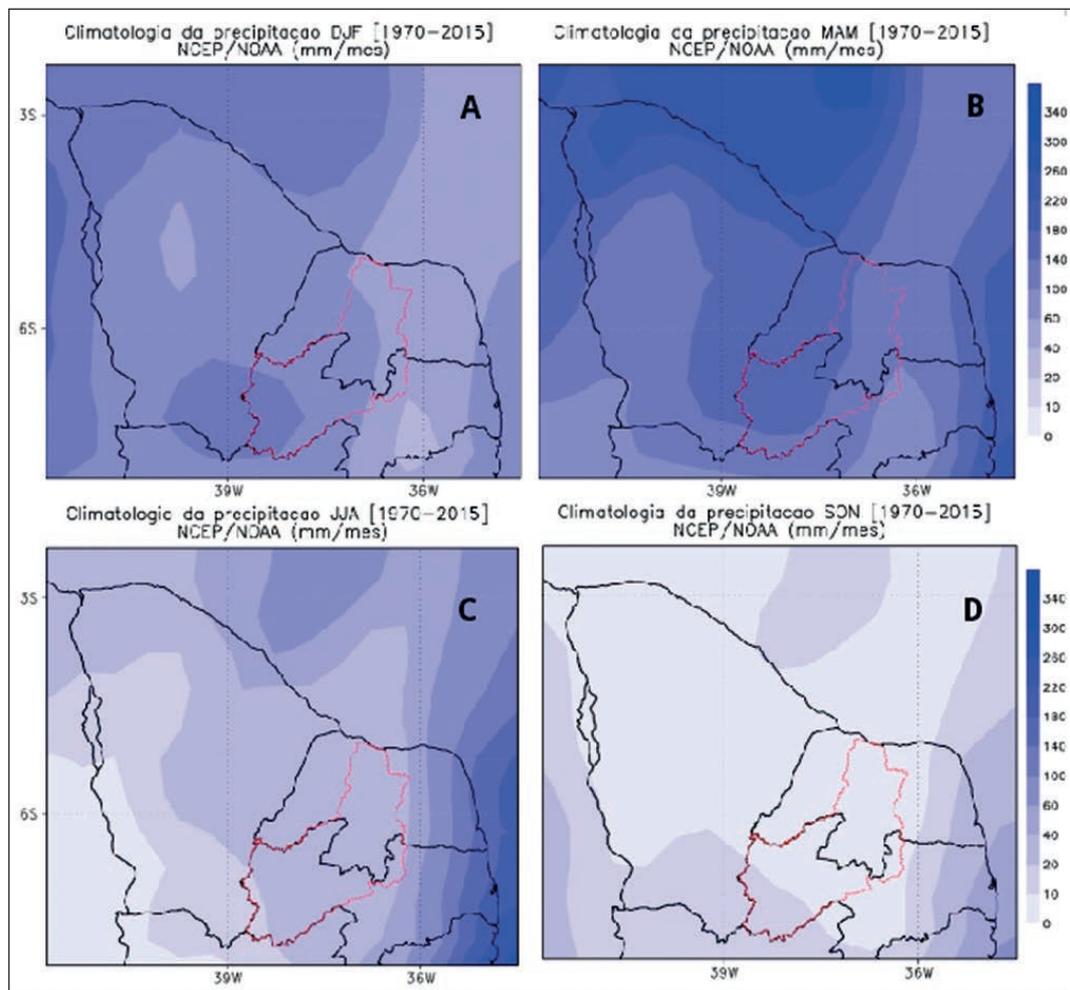


Figura 5
Distribuição
espacial e
sazonal da
precipitação
no período de
1970 a 2015.

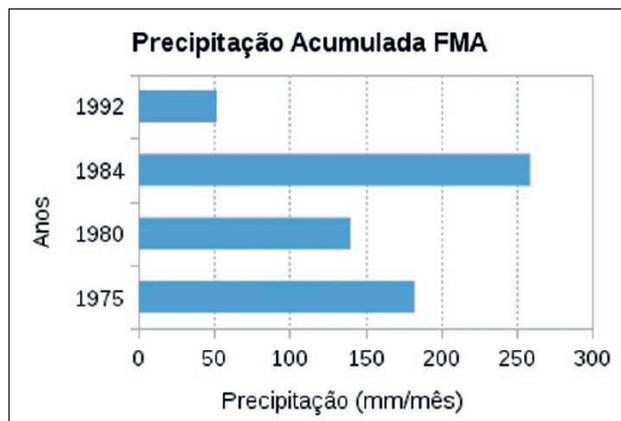


Figura 6 Precipitação acumulada na quadra chuvosa de alguns anos secos e úmidos.

É interessante verificar que os índices mostrados na Tabela 2 são para o trimestre FMA, na qual percebe-se que nos anos de 1980 e 1984 apresentam condições Oceânicas neutras no Pacífico. No que diz respeito aos outros anos, verifica-se um ONI em 1975 chegando a -0,6 e ONI em 1992 chegando a 1,4. Bernardo & Molion (2002) explicam que o impacto causado pelo fenômeno ENOS, é um exemplo de perturbação climática de escala global, que pode ser sentido principalmente pela modificação no regime e no total de precipitação que, dependendo da intensidade do evento, pode resultar em secas severas, interferindo, de forma expressiva, nas atividades humanas.

Ainda com base no ONI, há indicativo que em 1992 é um ano seco, uma vez que, apresenta um ONI de 1,4 e precipitação em torno de 50 mm (Tabela 2, Figura 6).

Anos	ONI	Categoria
1975	-0.6	La Niña
1980	0.3	Neutro
1984	-0.3	Neutro
1992	1.4	El Niño

Tabela 2 Oceanic Niño Index no trimestre FMA. Fonte: NCEP/NOAA.

Em contrapartida, em 1984, tem-se um ano chuvoso com valor em torno de 260 mm (Figura 6) mesmo com condições de neutralidade no Oceano Pacífico (Tabela 2). Diferentemente do ano de 1980 que também apresenta condições de neutralidade, é observado um ONI de 0,3 e menor volume de

precipitação (Tabela 2, Figura 6), em torno de 140 mm durante a quadra chuvosa. Esta redução de precipitação pode estar associada a variabilidade da TSM, do Oceano Atlântico tropical Silva (2006). Visto que, o dipolo da TSM do Atlântico pode não ser favorável/desfavorável às chuvas (negativo/positivo), o que pode colaborar/prejudicar a qualidade das chuvas na estação chuvosa da região. Isto é comprovado na Tabela 3, que nos dois anos de neutralidade (1980 e 1984) o dipolo foi desfavorável/favorável, respectivamente, para ocorrência de chuvas.

Ambrizzi (2003) afirma que independentemente do evento ENOS que esteja ocorrendo no Pacífico, o dipolo da TSM do Atlântico Tropical pode modular a precipitação no NEB, através da modificação na posição da ZCIT. Sendo assim, é necessário cuidado na análise do excesso ou déficit de precipitação durante a estação chuvosa do norte e nordeste da América do Sul olhando apenas a TSM sobre o Pacífico Central e leste. Os índices mostrados na Tabela 3 representam a média para o trimestre FMA. Os índices TNA e TSA significam “Atlântico Tropical Norte” e “Atlântico Tropical Sul” respectivamente.

Anos	TNA	TSA	DIPOLO
1975	-0,5	-0,2	-0,3
1980	0,4	-0,2	0,6
1984	-0,2	0,6	-0,8
1992	-0,1	-0,4	0,3

Tabela 3 Tropical Northern and Southern Atlantic Index (TNA / TSA) no trimestre FMA. Fonte: NCEP/NOAA.

4 Conclusões

Na primeira parte deste estudo foi analisado o comportamento do regime pluviométrico na Bacia do Rio Piranhas-Açú, no período de 1970 a 2015. Constatou-se a partir da série de dados, que a quadra chuvosa desta região se encontra no trimestre FMA, com maior volume de precipitação no mês de março. Isso indica que o principal sistema responsável pelas chuvas na quadra chuvosa é a ZCIT, quando esta migra mais ao sul de sua posição. Estas chuvas costumam ocorrer em forma de pancadas e de maneira localizada, vindo geralmente acompanhadas de fortes rajadas de vento.

Como segunda parte do estudo, comparou-se anos secos e úmidos com os ONI cedidos pelo NCEP/NOAA para avaliar a qualidade das chuvas na quadra chuvosa dos diferentes anos. Verificou-se que, apesar dos dois anos (1980 e 1984) apresentarem condições de neutralidade no Oceânico Pacífico, as chuvas foram bem diferentes. Isto porque, nas fases positivas do dipolo de TSM a ZCIT se posiciona, em média, em latitudes mais ao norte do que a sua posição climatológica provocando menos chuvas do que a climatologia. Em contrapartida, quando o dipolo está na fase negativa, a ZCIT tende a se posicionar em latitudes mais ao sul do equador, favorecendo chuvas na região do NEB. Enquanto nos anos de 1975 e 1992, havia condições de La Niña e El Niño respectivamente, indicando que o ENOS influenciou a precipitação na quadra chuvosa, contribuindo/prejudicando a qualidade das chuvas no trimestre FMA.

Diante do exposto, fica evidente a importância e a complexidade que são as precipitações no semiárido nordestino, e que não apenas o ENOS pode influenciar as chuvas no NEB, mas o dipolo do Atlântico Tropical pode acarretar em mudanças nos valores de precipitação, como foi observado com os resultados aqui apresentados.

5 Referências

ANA, 2017 – Agência Nacional de águas, acesso ao link em março de 2017: <http://www2.ana.gov.br>

Ambrizzi, T. 2003. *El Niño: Oscilação Sul e teleconexões atmosféricas no hemisfério austral*. Tese (Livre-Docência em Ciências Exatas e da Terra) – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Aragão, S.M.R.; Correia, M.F. & Araújo, H.A. 2000. Characteristics of C-band meteorological radar echoes at Petrolina, Northeast Brazil. *International Journal of Climatology*, 20: 279-298.

Azevedo, P.V.; Silva, B.B. & Rodrigues, M.F.G. 1998. Previsão estatística das chuvas de outono no Estado do Ceará. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 13(1): 19-30.

Barbosa, T.F. & Correia, M.F. 2005. Sistemas convectivos intensos no semi-árido brasileiro: O controle da grande escala. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 20(3): 395-410.

Bernardo, S. & Molion, L.C.B. 2002. Comparação entre totais de precipitação observados e os estimados pelas reanálises do CDC/NCEP para o litoral do nordeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12 Foz do Iguaçu, 2002. *Resumos expandidos*,

Foz do Iguaçu, UFAL, p. 1-6.

Calbete, N.O. & Satyamurty, P. 1996. Vórtices Ciclônicos da Alta Troposfera que atuam sobre a Região Nordeste do Brasil. *Climanálise Especial 10 anos*, p. 168-172.

Chen, M.; Xie, P.; Janowiak, J.E. & Arkin, P.A. 2002. Global Land Precipitation: A 50-yr Monthly Analysis Based on Gauge Observations. *Journal of Hydrometeorology*, 3(3): 249-266.

Correia, M.F. 1989. *Diagnóstico via radar dos sistemas precipitantes do semi-árido brasileiro: o evento de 1985*. Programa de Pós-Graduação em Meteorologia. Universidade de São Paulo. Dissertação de Mestrado, 88p.

Coutinho, M.D.L.; Gan, M.A & Rao, V.B. 2010. Método objetivo de identificação dos vórtices ciclônicos de altos níveis na região Tropical Sul: validação. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 25(3): 311-323.

Hastenrath, S. 1990. Prediction of Northeast Brazil rainfall anomalies. *Journal of Climate*, 3: 893- 904.

Hastenrath, S. & Heller, L. 1977. Dynamics of climatic hazards in Northeast Brazil. *Quarterly Journal Royal Meteorological Society*, 103(435): 77-92.

Kousky, V.E. 1979. Frontal influences on Northeast Brazil. *Monthly Weather Review*, 107(9): 1140-1153.

Meneghetti, G.T. & Ferreira, N.J. 2009. Variabilidade sazonal e interanual da precipitação no Nordeste Brasileiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14, Anais, Natal, Brasil, INPE, p. 1685 – 1689.

Moura, A.D. & Shukla, J. 1981. On the dynamics of droughts in northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 38(12): 2653-2675.

Nobre, P. & Shukla, J. 1996. Variations of sea surface temperature, wind stress, and rainfall over the tropical Atlantic and South America. *Journal of Climate*, 9(10): 2464-2479.

Nóbrega, R.S. & Santiago, G.A.C. F. 2014. Tendência de temperatura na superfície do mar nos oceanos atlântico e pacífico e variabilidade de precipitação em Pernambuco. *Mercator (Fortaleza)*, 13(1): 107-118.

Ropelewski, C.F. & Halpert, M. 1997. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. *Monthly Weather Review*, 115: 1606-1626.

Servain, J. 1991. Simple Climatic Indices for the Tropical Atlantic Ocean and some Applications. *Journal of Geophysical Research*, 96(15): 137-146.

Silva, L.F. 2006. *Precipitação do norte e nordeste brasileiro e padrões de temperatura da superfície e pressão ao nível do mar: relações com as fases do El Niño/oscilação sul e oscilação decadal do Pacífico*. Programa de Pós-Graduação em Meteorologia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Dissertação de Mestrado, 95p.

Uvo, C.R.B. & Nobre, C. A. 1989. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a precipitação no norte do Nordeste do Brasil. Parte II: A influência dos ventos e TSM do Atlântico Tropical. *Climanálise*, 4(7): 34-40.

Xavier, T.M.B.S.; Xavier, A.F.S.; Silva Dias, M.A.F. & Silva Dias, P.L. 2000. A zona de convergência intertropical - ZCIT e suas relações com a chuva no Ceará (1964-98). *Revista Brasileira de Meteorologia*, 15(1): 27-43.