



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL
CAMPUS DE POMBAL-PB

KELLYANNE FERNANDES DE ARAÚJO

**O EFEITO DO FENÔMENO LA NIÑA NAS CIDADES DO
SERTÃO PARAIBANO**

Pombal-PB
2016

KELLYANNE FERNANDES DE ARAÚJO

**O EFEITO DO FENÔMENO LA NIÑA NAS CIDADES DO
SERTÃO PARAIBANO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador (a): Prof^a. Dra. Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira

Pombal-PB
2016

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

A663e Araújo, Kellyanne Fernandes.
 O efeito do fenômeno La Niña nas cidades do sertão paraibano /
 Kellyanne Fernandes Araújo. – Pombal, 2016.
 46 f. : il. color.

 Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental)
 – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e
 Tecnologia Agroalimentar, 2016.

 "Orientação: Profa. Dra. Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira".
 Referências.

 1. El Niño - Precipitações - Municípios. 2. TSM (Temperatura da
 Superfície do Mar). 3. Variabilidade Interanual. I. Nogueira, Virgínia de
 Fátima Bezerra. II. Título.

CDU 551.55(043)

KELLYANNE FERNANDES DE ARAÚJO

**O EFEITO DO FENÔMENO LA NIÑA NAS CIDADES DO SERTÃO
PARAIBANO**

Aprovado em _____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira
Orientadora – CCTA/UFCG/Campus de Pombal-PB

Prof^a. Dr^a Aline Costa Ferreira
UFCG/UACTA

Prof. Dr. Valner da Silva Nogueira
Empresário

*Dedico esse trabalho aos meus pais
Railda Fernandes de Araújo, Maxwell
Mendes de Araújo e minhas irmãs
Cristhiane Fernandes de Araújo, Kiara
Cristine Fernandes de Araújo.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter sido minha grande força em momentos difíceis nessa jornada.

Aos meus pais, Maxuell Mendes de Araújo e Railda Fernandes de Araújo e as minhas irmãs, Cristhiane Fernandes de Araújo e Kiara Cristine Fernandes de Araújo, que sempre me apoiaram e incentivaram, sendo assim possível tornar meu sonho realidade.

À minha sobrinha Alice Fernandes, que me trouxe muita felicidade e disposição para vencer.

Às minhas amigas Lígia, Maria e Adrielly Rodrigues, pela ajuda que me deram na minha vida acadêmica, compartilhando momentos fáceis e difíceis, irei levar essa amizade pra toda minha vida.

À minha professora e orientadora Prof^a. Dr^a. Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira, por todo o ensinamento passado e amizade.

Ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA), da Universidade Federal de Campina Grande, *Campus* de Pombal-PB.

A todos os professores da Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia Ambiental do CCTA/UFCG, que contribuíram para a minha formação acadêmica.

Meu muito Obrigada a todos que contribuíram direta ou indiretamente para esse trabalho ser concluído.

ARAÚJO, K. F. **O Efeito do Fenômeno La Nina nas Cidades do Sertão Paraibano**. 2016. 46 fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB. 2016.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo analisar a influência dos eventos La Niña sobre as precipitações de diferentes municípios do sertão da Paraíba. Utilizou-se dados de precipitação de 19 cidades do sertão da Paraíba compreendendo o período de 1994 a 2015. Na determinação do período chuvoso das estações utilizou-se a média e o desvio padrão dos 22 anos de dados. Analisou-se as flutuações no campo de precipitação do período chuvoso usando eventos extremos de La Niña e por fim, a análise da correlação entre a precipitação do período chuvoso com a TSM do Oceano Pacífico Equatorial, a significância estatística foi avaliada pelo teste t-Student. Os principais resultados mostraram que o período chuvoso na maioria dos municípios do sertão paraibano, dura cinco meses (jan/fev/mar/abr/mai). Há oscilações positivas e negativas no período chuvoso em relação aos esperados nos anos de ocorrência de La Niña. Nem sempre em anos de La Niña as chuvas ficam acima do normal. O período chuvoso das estações do sertão paraibano ficou melhor correlacionado as áreas do Niño 1+2.

Palavras-chaves: Correlação. TSM (Temperatura da Superfície do Mar). Variabilidade Interanual.

ABSTRACT

This study aimed to analyze the influence of La Niña events on the rainfall in different municipalities of the backlands of Paraiba. We used data of precipitation of 19 cities in the backlands of Paraiba the period from 1994 to 2015. In determining the rainy seasons we used the mean and standard deviation of 22 years of data. We analyzed the fluctuations in the rainy season precipitation field using extreme La Niña events and finally the analysis of the correlation between precipitation in the rainy season with the TSM Equatorial Pacific Ocean, statistical significance was evaluated by Student's t test. The main results showed that the rainy season in most municipalities of Paraiba backlands, lasts five months (Jan / Feb / Mar / Apr / may). There are positive and negative fluctuations in the rainy season compared to expected in the years of occurrence of La Niña. Not always in La Niña years the rains are above normal. The rainy season of the Paraíba outback stations was better correlated areas of the Niño 1 + 2.

Keywords: Correlation. SST (sea surface temperature). Interannual Variability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Dinâmica do Oceano Pacífico Equatorial em Condições de El Niño	21
Figura 2 - Dinâmica do Oceano Pacífico Equatorial em Condições de La Niña	22
Figura 3 - Estado da Paraíba, com destaque para a mesorregião do Sertão	25
Figura 4 - Postos selecionados	26
Figura 5 - Regiões dos Niños no Pacífico Equatorial	28
Figura 6 - Postos pluviométricos: (A) Água Branca, (B) Aguiar, (C) Brejo do Cruz, (D) Cajazeiras	32
Figura 7 - Postos pluviométricos: (A) Catolé do Rocha (B) Condado (C) Emas (D) Imaculada	33
Figura 8 - Postos pluviométricos: (A) Itaporanga (B) Lagoa (C) Malta (D) Manaíra	33
Figura 9 - Postos pluviométricos: (A) Mãe D'água (B) Passagem (C) Princesa Isabel (D) Santa Terezinha	34
Figura 10 - Postos pluviométricos: (A) Santana de Mangueira (B) São José de Piranhas (C) Uiraúna	34
Figura 11 – Anomalias de precipitação para a estação de Itaporanga	37
Figura 12 – Anomalias de precipitação para a estação de Manaíra	37
Figura 13 - Anomalias de precipitação para a estação de Princesa Isabel	38
Figura 14 - Anomalias de precipitação para a estação de Condado	38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba

APs - Anomalias de Precipitação Em - El Niño

EL – El Nino

ENOS - El Niño/Oscilação Sul

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LN - La Niña

NEB - Nordeste brasileiro

SE - Sudeste

TSM - Temperatura da Superfície do Mar

VCAS - Vórtices Ciclônicos de Ar Superior

ZCIT - Zona de Convergência Intertropical

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Listas dos postos pluviométricos.....	26
Tabela 2 - Totais mensais de precipitações do período chuvoso na estação meteorológica convencional de Cajazeiras - período 1994-2015.....	31
Tabela 3 – Contribuição em percentagem (%) das estações do ano para os postos pluviométricos.....	35
Tabela 4 – Anos com La Niña	36
Tabela 5 - Estatística aplicada aos dados de Cajazeiras	39

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	15
2.1 GERAL.....	15
2.2 ESPECÍFICOS.....	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1 PRECIPITAÇÃO PLUVIAL	16
3.2 VARIABILIDADE CLIMÁTICA DO NORDESTE BRASILEIRO	17
3.3 MECANISMOS QUE INFLUENCIAM NA PRECIPITAÇÃO DO SERTÃO	18
3.3.1 A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS).....	19
3.4 AS FASES DO ENOS.....	20
3.5 OS IMPACTOS CLIMÁTICOS DO “LA NIÑA” NO NORDESTE DO BRASIL	23
3.6 EFEITOS DO LA NIÑA NO SERTÃO	24
4 MATERIAL E MÉTODOS	25
4.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO	25
4.1.1 Dados utilizados	25
4.2 METODOLOGIA	27
4.2.1 Climatologia.....	27
4.2.2 Correlação Simultânea Entre as TSM das Áreas dos Niños e o Período Chuvoso	27
4.2.3 Estudo de caso.....	29
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1 DETERMINAÇÃO DO PERÍODO CHUVOSO.....	30
5.2 CONTRIBUIÇÃO DAS ESTAÇÕES DO ANO PARA O TOTAL ANUAL	35
5.3 RELAÇÃO DO PERÍODO CHUVOSO COM OS EVENTOS LA NIÑA.....	36
5.4 VARIABILIDADE INTERANUAL DA PRECIPITAÇÃO - CORRELAÇÃO SIMULTÂNEA... 39	
6 CONCLUSÕES	40
SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHO	41
REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

As adversidades climáticas podem ser de origem antrópica ou natural. As mudanças de origem antrópica são causadas pela ação do homem no meio físico e dinâmico podem variar da pequena a meso-escala. Já as alterações de origem natural podem variar sua extensão da meso à grande escala e estão relacionadas com a circulação geral da atmosfera e também associadas com eventos climáticos extremos (enchentes, secas, etc...). (FERREIRA, 2005).

A circulação geral da atmosfera é resultado do aquecimento diferencial do globo pela radiação solar, a distribuição assimétrica de oceanos e continentes, além da topografia dos continentes; e é ela que determina em grande parte o clima de qualquer região. (BOLETIM CLIMÁTICO, 1986).

No Nordeste do Brasil (NEB) as adversidades climáticas estão associadas às variabilidades tanto espacial quanto temporal da precipitação na região que, juntamente com as elevadas temperaturas ao longo do ano, caracterizam a região como semiárida. (AZEVEDO, 1998). As razões físicas e dinâmicas dessa variabilidade são complexas e estão relacionadas com a circulação atmosférica global.

Na região NEB há episódios frequentes do fenômeno seca. Embora não exista uma definição universal para a seca, é comum caracterizá-la como um fenômeno climático que ocorre numa região quando a precipitação, para determinado período de tempo, apresenta valores muito abaixo do normal climatológico. Assim, esse fenômeno sempre estar associado à deficiência hídrica, podendo ser avaliada em termos de sua duração, intensidade e variação espacial. (BARRA et al., 2002).

Historicamente a Região NEB sempre foi afetada por grandes secas como também por grandes cheias. (MARENGO et al., 2011). Alves et al. em (2005), já afirmavam que o semiárido nordestino também é vulnerável a enchentes e chuvas intensas.

Marengo et al. (2011) classificaram os anos mais chuvosos na região, como sendo: 1985, 1974, 1964, 1967, 1986, 2009, 1989, 1988, 2004 e 1994. Os autores relataram que as chuvas fortes ocorridas em janeiro de 2004; onde apenas neste mês em alguns lugares choveu mais de 1.000 mm, onde a média histórica variava entre 550 mm a 600 mm anuais; comunidades ficaram

isoladas, casas, barragens e açudes foram destruídos, pessoas e animais morreram e a produção agrícola sofreu perda significativa. Marengo et al. (2011) apontaram que, segundo o Centro de Precisão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC/Instituto Nacional de Pesquisas Especiais – INPE, a causa dessas chuvas foi o transporte de umidade desde o Atlântico tropical e da bacia Amazônica até o Nordeste; e reconheceram que é um fenômeno incomum mas não impossível.

A variabilidade da precipitação no Nordeste brasileiro fica sujeita à posição da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) também sofre forte influência das anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM) do Oceano Atlântico Tropical e Pacífico Equatorial. (GRIMM et al., 1998).

Anos mais chuvosos, assim como anos mais secos, estão relacionados com fenômenos meteorológicos pertencentes às várias escalas temporais e espaciais, que vão desde a escala global (El Niño e La Niña) às condições locais (chuvas localizadas). (FERREIRA, 2005).

A anormalidade na quantidade e na distribuição de chuvas no NEB pode ter relação à circulação geral atmosférica e, portanto, ao ENOS (El Niño/Oscilação Sul). Por causa dessa consequência, é muito comum chover em um determinado volume num local e nada na circunvizinhança. Essas características do regime pluvial se torna predominante na maioria das mesorregiões do Estado da Paraíba, uma mesorregião afetada é o sertão, onde a distribuição e quantidade de chuvas anual e/ou na estação chuvosa, nas diferentes microrregiões, são escassas e irregulares, ou seja, quantidades elevadas de chuvas ocorrem num período muito curto, em áreas pequenas e a estiagem difere no tempo e entre as microrregiões. (ALMEIDA, 2012a).

Os fenômenos atmosféricos que frequentemente afetam a variabilidade da chuva são El Niño e La Niña, pois influenciam na circulação geral da atmosfera. Esses fenômenos mostram de forma marcante a ligação entre a atmosfera e o oceano. (SANTOS, 2012).

O El Niño baseia-se na anormalidade da temperatura da superfície do mar do Pacífico Equatorial, quando a temperatura for superior a média esperada as águas migram para o Pacífico Equatorial. Enquanto que o La Niña é o contrário do El Niño, é o resfriamento das águas no Pacífico. Essas

irregularidades podem durar vários meses, causando excesso de chuvas em algumas regiões e secas em outras. (SANTOS, 2012).

As relações de Precipitação, El Niño e La Niña vem sendo estudadas desde o início do século passado, em busca da caracterização quantitativa do seu efeito. Na maioria das vezes foi observado que quando acontece o fenômeno El Niño as chuvas ficam abaixo da média, já no La Niña ficam acima da média. (ALVES et. al., 2007). Embora no NEB, os episódios que estão mais relacionados com anos de seca são os anos de El Niño, a resposta intra-regional é distinta e depende da influência dos diferentes sistemas atmosféricos que causam chuva e aos seus períodos predominantes mais chuvosos. (NOGUEIRA, 2000).

No Brasil, o La Niña envolve estiagens na Região Sul e a precipitação acima do normal nas Regiões Norte e Nordeste. (CPTEC, 2016).

O Fenômeno La Niña (LN) tem influenciado à ocorrência de estações chuvosas de maior quantidade do que o normal na Região do Nordeste brasileiro. (ALVES et al., 1997). Porém, não se conhece a distribuição temporal e espacial do impacto destes fenômenos ao longo de todo o seu ciclo e a consistência deste impacto. (GRIMM et. al., 1998).

No presente trabalho será analisado a relação da influência de eventos La Niña sobre a precipitação de estações no sertão paraibano.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Analisar o sinal da correlação entre o La Niña sobre as precipitações de diferentes municípios do sertão da Paraíba.

2.2 Específicos

- Definir a “climatologia” de precipitação dos postos pluviométricos, visando determinar os períodos chuvoso e o seco;
- Determinar a contribuição das estações do ano (Verão, Outono, Inverno e Primavera) para a precipitação total anual;
- Analisar as flutuações no campo de precipitação do período chuvoso usando eventos extremos de La Niña;
- Analisar a correlação entre a precipitação do período chuvoso com a TSM do Oceano Pacífico Equatorial, a significância estatística será avaliada pelo teste t-Student.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Precipitação pluvial

A precipitação ocorre através de um processo que inicia-se na evaporação da água, na transpiração dos seres vivos e/ou na soma de ambos. O processo no qual é responsável pela formação das nuvens é a ascensão do vapor de água na troposfera que se resfria adiabaticamente com a altitude. (ALMEIDA, 2012b).

Para Ayode (1991) e Torres e Machado (2011) a precipitação se classifica em convectivas, ciclônicas e orográficas. Onde a convectiva está associada a nuvens cumulus e cumulonimbus, resultante de correntes convectivas em ascensão, e a consequência disso é a precipitação que apresenta alta intensidade e pouca duração. O segundo tipo é originada do encontro de massas de ar (frias e quentes) e proporcionam chuvas de intensidade moderada. Já a do tipo orográfica decorre do efeito relevo, ou seja, quando o ar úmido choca-se com superfícies montanhosas, e as chuvas acaba sendo de baixa intensidade, de curta duração e sempre no sentido do vento.

A precipitação não apresenta variação apenas na sua tipologia, mas também na sua intensidade e distribuição, com variações na quantidade e distribuição. A intensidade de chuva é a quantidade de precipitação dividida pela sua duração/tempo. A precipitação convectiva tem maior intensidade que as demais (ciclônicas e orográficas), por isso as precipitações são mais intensas nos trópicos, por consequência dos sistemas convectivos. (AYODE, 1991).

Ayode (1991), diz ainda que nas extensões tropicais e extratropicais, a distribuição sazonal de chuva é importante tanto quanto o volume. A precipitação na maior parte dos trópicos ocorre no verão e abrange a metade do ano, sendo a outra metade relativamente seca. A estação chuvosa tem grande influência sobre as atividades agrícolas.

Vários estudos têm explorado o potencial de informações úteis no planejamento de atividades agrícolas a partir da análise de dados de precipitação: Arruda e Pinto (1980) analisaram a distribuição de frequência de chuvas na região de Campinas-SP; Camargo et al. (1985) estudaram as

melhores épocas de semeadura para a cultura de trigo no Estado de São Paulo; Goodwin e Sans (1976) analisaram a interação entre a probabilidade de chuva, data de semeadura e consumo de água da cultura de milho em Minas Gerais, mais precisamente em Sete Lagoas.(FERREIRA, 2005).

A precipitação média para cada ano, estação ou mês, tem valores irregulares. Isso acontece porque a quantidade e a distribuição da chuva estão relacionadas com valores relacionados à disponibilidade de energia, os movimentos atmosféricos, os oceanos, entre outros. O fenômeno El Niño - Oscilação Sul (ENOS) ganha destaque na explicação das variações de precipitação pluvial, como também da temperatura do ar, em várias localidades do globo, o que mostra o vínculo marcante que existe entre a atmosfera e o Oceano. (SANTOS, 2012).

3.2 Variabilidade climática do Nordeste Brasileiro

O Nordeste brasileiro (NEB) encontra-se em situações vulneráveis aos impactos da variabilidade climática, e uma ferramenta que pode ser usada para mitigar impactos são as previsões climáticas, onde pode ter um planejamento da sociedade como um todo, para as questões econômicas e sociais. (SILVA, et. al., 2009).

Walker (1928) documentou uma coincidência significativa no aquecimento anômalo das águas superficiais no Pacífico equatorial e as secas do nordeste brasileiro (NEB). A partir disso estudos mais aprofundados começaram a serem realizados, buscando um melhor entendimento da relação de como essas Anomalias na Temperatura da Superfície do Mar (ATSM) podem causar interferências nos padrões de circulação atmosférica, afetando com isso o regime pluviométrico em determinadas regiões do mundo, incluindo o NEB. (SILVA, et. al., 2009).

Há evidências bastante satisfatórias de que as condições atmosféricas e oceânicas, em áreas no Atlântico e no Pacífico, influenciam fortemente na variabilidade interanual do clima sobre as Américas. (ARAGÃO, 1986; ARAGÃO et al., 1994; MOURA e SHUKLA, 1981; MOURA et al., 2000, NOGUEIRA, 2014). Este fato tem intensificado diversas pesquisas sobre as

relações entre as Temperaturas da Superfície do Mar (TSM) dos Oceanos Atlântico e Pacífico e a precipitação do NEB. (ANDREOLI et al., 2004; KAYANO e ANDREOLI, 2004; AMBRIZZI et al., 2004; SOUZA et al., 2004; NOGUEIRA, 2014).

As adversidades climáticas que afetam o NEB estão associadas diretamente às variabilidades temporal e espacial, da precipitação sobre a região. As causas físicas dessa variabilidade são complexas e estão relacionadas com a circulação atmosférica global. As anomalias de TSM que ocorrem tipo dipolo sobre o Atlântico tropical, é assim referida por apresentar configurações que aparecem anomalias de sinais opostos ao norte do sul do equador, e o estabelecimento de anomalias de TSM positivas, que são águas mais quentes do que o normal sobre o Pacífico equatorial central leste, durante o período que ocorre o El Niño Oscilação Sul (ENOS) (MOURA e SHUKLA, 1981; NOGUEIRA, 2014) estão nos principais fatores que contribuem para as mudanças na circulação atmosférica responsáveis pela variabilidade interanual da precipitação sobre o Nordeste brasileiro.

3.3 Mecanismos que Influenciam na Precipitação do Sertão

A alteração da circulação geral da atmosfera (Célula de Walker), causa movimentos descendentes anômalos, que inibem a formação de nuvens e diminuem a precipitação no NEB. Nos casos que ocorrem mudanças na circulação meridional da atmosfera (Célula de Hadley), a formação de nuvens sobre o NEB pode diminuir ou aumentar por causa das anomalias na temperatura das águas superficiais dos Oceanos Atlântico e Pacífico Tropical. (ALVES, 1997).

Episódios de seca e chuva no NEB estão respectivamente ligados com os eventos El Niño e La Niña. (KANE, 1997). Porém vários outros mecanismos influenciam a distribuição do NEB, temos como exemplo a posição e intensidade da ZCIT, influenciada pelo padrão dipolo de TSM sobre o Atlântico Tropical (ATLT), assim como a passagem de frentes frias oriundas das altas latitudes influenciando no padrão de precipitação na parte sul e sudoeste da região. (KOUSKY, 1981).

3.3.1 A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS)

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), devido às suas características físicas, é um dos sistemas atmosféricos mais importantes na determinação de chuvas na região tropical, e suas variações espaciais e temporais são responsáveis pelas maiores variações sazonais das chuvas nesta região. A ZCIT é responsável por grande parte da precipitação de verão no Norte do Brasil. (NOBRE et al., 1991).

O deslocamento normal máximo anual da ZCIT atinge aproximadamente 8°N durante o verão boreal e no verão austral, esta posiciona-se mais ao sul, aproximadamente entre 1°S e 3°S. (PHILANDER et al., 1995; apud NOGUEIRA, 2014). Todavia, nos anos que apresentam registros de precipitação bem acima da média climatológica no norte da Região Amazônica, a ZCIT tende a permanecer mais tempo no HS. (NOGUEIRA, 2014).

Já os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS) são centros de baixa pressão que são formados na troposfera sobre o Oceano Atlântico, precisamente entre a faixa de 20° à 45°O e 0° à 28°S. (CALBETE, 1996). Esses sistemas agem como aspiradores de nuvens formadas pelo vapor de água decorrente da evaporação da superfície do Oceano Atlântico.

Os VCAS apresentam um núcleo relativamente frio em relação a sua volta, com subsidência que impede a nebulosidade no seu centro. Por isso as áreas que estiverem no centro do ciclone, passam por períodos de secas e os que estiverem sob as periferias apresentam precipitações elevadas. A atuação dos VCAS predominam no verão, primavera e outono, principalmente no mês de janeiro. (CALBETE, 1996).

A ZCIT e os VCAS são os dois mecanismos mais importantes, são responsáveis pela ocorrência de chuvas nessa região intertropical. Na sua parte setentrional, vários sistemas meteorológicos atuam, gerando a precipitação, dentre eles a ZCIT (Ferreira, 1986), os sistemas de escala local como as brisas (KOUSKY, 1979) e os vórtices ciclônicos de altos níveis. (GAN; KOUSKI, 1982).

3.4 As fases do ENOS

Desde o início do século várias pesquisas foram feitas para se estudar o ENOS. Os artigos clássicos de Walker (1923, 1924, 1928) e Walker e Bliss (1932) definem bem este fenômeno. O ENOS é um fenômeno de escala global, relacionado a um complexo acoplamento entre o oceano e a atmosfera, que manifesta-se com uma periodicidade sobre o Oceano Pacífico Equatorial. Este fenômeno consiste de uma componente oceânica, o El-Niño (aquecimento anômalo das águas superficiais do Pacífico Leste e central, próxima da costa do Peru e Equador) e de uma componente atmosférica, a OS (flutuação no campo de pressão entre as regiões da alta subtropical do Pacífico Sudeste e do sistema de baixa pressão Pacífico Oeste próximo ao norte da Austrália).

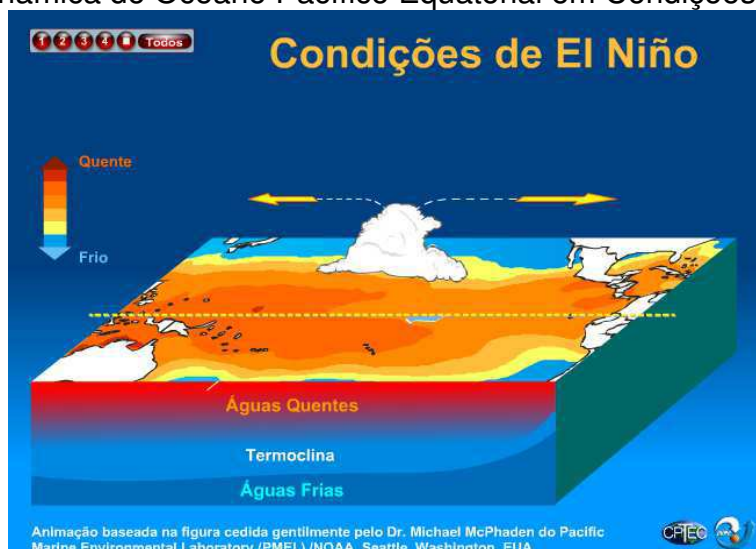
A OS é representada por um índice, conhecido como Índice de Oscilação do Sul (IOS), que indica sua intensidade e fase. O IOS é definido pela diferença entre os desvios de pressão normal ao nível médio do mar de duas estações pertencentes aos dois centros de ação. A fase positiva (negativa) da OS ocorre quando a alta subtropical do Pacífico Leste, é mais forte (fraca) que o normal e, em Darwin, na Austrália, esta é mais fraca (forte) que o normal, indicando evento La Niña (El Niño). (PHILANDER, 1991; apud NOGUEIRA, 2014).

Os episódios de La Niña proporcionam um aumento na atividade convectiva e precipitação sobre a região do Oceano Pacífico Oeste próximo ao norte da Austrália (Darwin), além de alísios de sudeste mais fortes associados à alta subtropical mais intensa no Pacífico Leste. Nos episódios de El Niño, verifica-se um padrão contrário à este. (CAVIEDES, 1973; apud NOGUEIRA, 2014).

O fenômeno ENOS é caracterizado por suas anomalias, positivas (El Niño) ou negativas (La Niña), de TSM no Pacífico equatorial, e sua caracterização é feita através de índices como o Índice de Oscilação Sul (IOS). Os índices nomeados Niño (Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 e Niño 4), nada mais são do que as anomalias de TSM médias em diferentes regiões do Pacífico equatorial. (CPTEC/INPE, 2016).

As Dinâmicas do Oceano Pacífico Equatorial no que se referem às condições de aquecimento e resfriamento das águas superficiais (El Niño e La Niña) são apresentadas nas Figuras 1 e 2.

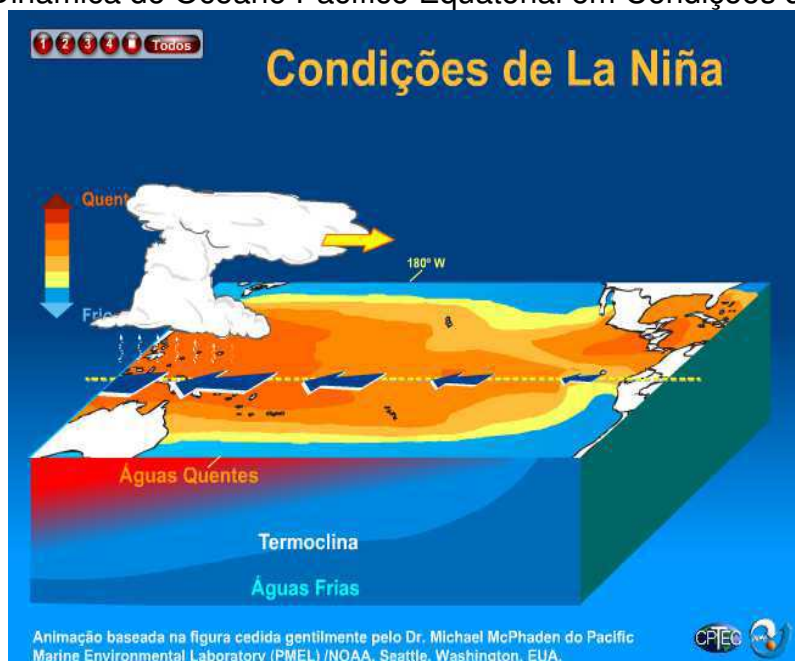
Figura 1 - Dinâmica do Oceano Pacífico Equatorial em Condições de El Niño



Fonte: CPTEC/INPE, (2016).

Em anos de El Niño o Oceano Pacífico se torna aquecido e os ventos alísios ficam mais fracos, isso gera evaporação e formação de nuvens na parte central do Oceano, ocorrendo a bipartição da célula de Walker, que apresenta-se com duas porções de subsidência de ar, uma no Norte-Nordeste brasileiro e outra na Indonésia. (CPTEC, 2016).

Figura 2 - Dinâmica do Oceano Pacífico Equatorial em Condições de La Niña



Fonte: CPTEC/INPE, (2016).

Em geral, os episódios começam a se desenvolver em meados do ano, atingem sua intensidade máxima no final daquele mesmo ano e se dissipam cerca de seis meses depois. O fenômeno de características opostas ao El Niño, também conhecido como La Niña ou episódio frio, caracteriza-se por um esfriamento anormal nas águas superficiais do Oceano Pacífico Equatorial; comumente, as anomalias climáticas associadas a La Niña são contrárias àquelas observadas em anos de El Niño mas o mesmo não é estritamente linear. (MARENGO et. al.; 2011).

No La Niña, a célula de Walker fica mais intensa que o normal, os ventos alísios se intensificam, alongando assim a célula, as águas quentes ficam represadas mais a oeste, ocasionando mais ascensão de ar e maior formação de nuvens de chuva, no leste ocorre o afloramento das águas frias. (CPTEC, 2016).

Porém, existe outros mecanismos, por exemplo o Dipolo do Atlântico que influenciam na precipitação pluvial no NEB, e estão relacionados a anomalias na temperatura das águas do Oceano Atlântico Tropical. O Dipolo interfere na intensidade e posição da convergência dos ventos alísios NE e SE. Isso quer dizer que os níveis de oscilação sul e variações termodinâmicas no Atlântico Tropical são fatores de extrema importância na precipitação do

Nordeste. (ANDREOLI; KAYANO, 2007; MENDONÇA; DANNI – OLIVEIRA, 2007; PALMEIRA et. al., 2012).

Em relação aos impactos no Brasil, segundo Andrade (2003), estudos indicam que principalmente três regiões no Brasil (três quartos do semiárido do Nordeste, norte e leste da Amazônia, sul do Brasil e vizinhanças) são afetadas de maneira pronunciada pelas mudanças na circulação atmosférica durante episódios de El Niño. A região Sul do Brasil é afetada por aumento de precipitação, particularmente durante a primavera no primeiro ano e posteriormente o fim do outono e início do inverno no segundo ano. O norte e o leste da Amazônia e o Nordeste do Brasil são afetados pela diminuição da precipitação, principalmente no último ano, entre fevereiro e maio, quando se tem a estação chuvosa do semiárido. O Sudeste do Brasil apresenta temperaturas mais altas, tornando o inverno mais ameno. Já para as demais regiões do país os efeitos são menos pronunciados e variam de um episódio para o outro. (CPTEC, 2016).

3.5 Os impactos climáticos do “La Niña” no Nordeste do Brasil

O La Niña é representado pelo resfriamento atípico das águas do Pacífico e também desempenha consideráveis impactos nas atividades humanas. (MENDONÇA 2007, p. 191).

A influência das anomalias de TSM no Oceano Pacífico Equatorial associadas ao La Niña (LN) pode ocorrer através de duas maneiras: de anomalias de TSM no Atlântico associadas às anomalias no Pacífico e/ou através da alteração da circulação de Walker, com enfraquecimento de movimento descendente sobre o Nordeste. Existem evidências que ocorrem anomalias de TSM durante o outono do ano seguinte a LN no Atlântico tropical, ao norte do equador principalmente. Estas anomalias até podem favorecer a ocorrência de uma estação chuvosa com chuva acima da média, através de sua influência sobre os ventos alísios no Atlântico tropical. (ENFIELD; MAYER, 1997 apud GRIIM et al., 1998).

Em geral, episódios La Niña também têm frequência de 2 a 7 anos igual o EL Niño, todavia tem ocorrido em menor quantidade que o El Niño durante as últimas décadas. Além do mais, os episódios La Niña têm períodos de aproximadamente 9 a 12 meses, e somente alguns episódios persistem por

mais que 2 anos. Outro ponto interessante é que os valores das anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM) em anos de La Niña têm desvios menores que em anos de El Niño, ou seja, enquanto observam-se anomalias de até 4, 5°C acima da média em alguns anos de El Niño, em anos de La Niña as maiores anomalias observadas não chegam a 4°C abaixo da média. (CPTEC, 2016).

Xavier (2001) e Xavier et al. (2003) entre outros autores, mostraram que os episódios El Niño e La Niña causam impactos sobre a precipitação do Nordeste, principalmente na quadra chuvosa (fevereiro, março, abril e maio - FMAM).

3.6 Efeitos do La Niña no sertão

Com relação ao Nordeste brasileiro e, especialmente, ao sertão paraibano nota-se em anos de episódios La Niña as chuvas ficam acima da média. Esse fato implica em benefícios às regiões afetadas pelas secas, melhorando os níveis dos reservatórios, propiciando o aumento das produções agrícolas e pecuárias, favorecendo a agricultura de subsistência e possibilitando a permanência do homem no campo. (ARAUJO, 2002).

Como reflexo positivo deste período na agricultura pode se citar, por exemplo, segundo dados da FIBGE (2001), o aumento da produção de coco para o município de Sousa localizado no sertão do estado.

Foi verificado também o aumento da pecuária bovina de Pombal/PB, o que deixa bem claro que as variações da produção se correlacionam com os eventos ENOS.

No entanto, vários são os impactos negativos como por exemplos as enchentes que porventura resulta em transbordamento dos rios, na contaminação da água potável para consumo humano e alimentos, comprometendo também os serviços de saneamento ambiental nas áreas urbanas. (PORTO, 2003).

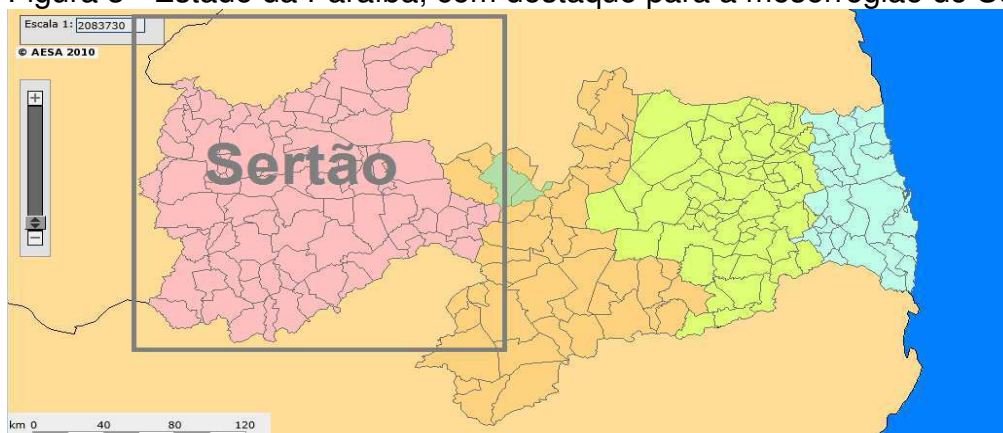
Vários outros transtornos sociais são observados em anos de La Niña no sertão da Paraíba como o desmoronamento de morros, quebra de pontes, prejuízos e perdas de animais que são carregados pelas enchentes, inundações de casas e perdas na agricultura por enchentes.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e caracterização geral da área de estudo

A área de estudo está localizada no Sertão da Paraíba, Nordeste brasileiro.

Figura 3 - Estado da Paraíba, com destaque para a mesorregião do Sertão



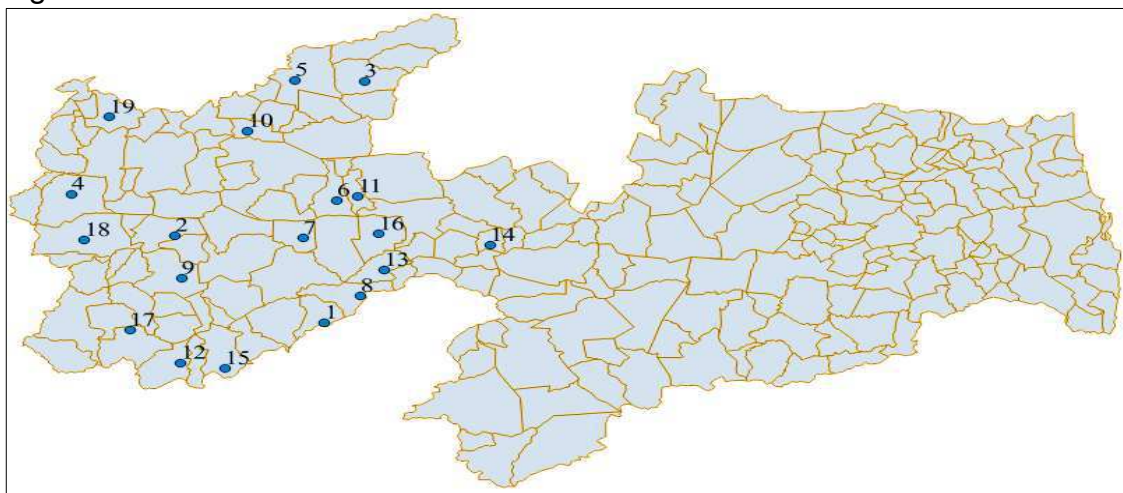
Fonte: Adaptado AESA, (2016).

Sertão: A vegetação predominante nessa região é a caatinga, pecuária extensiva de corte e o principal produto cultivado é o algodão.

4.1.1 Dados utilizados

Os dados de TSM foram obtidos na página do NCEP/NOAA (National Centers for Environmental Prediction/National Oceanic and Atmospheric Administration) e os dados de precipitação foram obtidos da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs). Foram selecionadas 19 postos pluviométricos, Figura 4, com a maior sequência de anos, que resultou no período de 1994 a 2015.

Figura 4 - Postos selecionados



Fonte: Autoria própria.

Os postos pluviométricos selecionados e a localização geográfica referida a cada um se encontram sintetizados na Tabela 1, abaixo.

Tabela 1 - Listas dos postos pluviométricos

Ordem	Postos Pluviométricos	Latitude	Longitude
1	Água Branca	-7,51189	-37,636694
2	Aguiar	-7,0933	-38,1733
3	Brejo do Cruz	-6,3483	-37,4997
4	Cajazeiras	-6,8942	-38,5444
5	Catolé do Rocha	-6,3439	-37,7467
6	Condado	-6,9231	-37,5947
7	Emas	-7,1058	-37,7153
8	Imaculada	-7,3822	-37,5094
9	Itaporanga	-7,3	-38,15
10	Lagoa	-6,5894	-37,915
11	Malta	-6,9033	-37,5197
12	Manáira	-7,7069	-38,1525
13	Mãe D'Água	-7,2572	-37,4253
14	Passagem	-7,1364	-37,0475
15	Princesa Isabel	-7,7331	-37,9944
16	Santa Teresinha	-7,0842	-37,445
17	Santana de Mangueira	-7,5503	-38,3353
18	São José de Piranhas	-7,1156	-38,4967
19	Uiraúna	-6,5231	-38,4092

Fonte: Autoria própria.

4.2 Metodologia

4.2.1 Climatologia

Inicialmente foi realizado a climatologia da precipitação definindo o período chuvoso e a contribuição da precipitação nas estações do ano.

O recomendado seria ter pelo menos 30 anos de dados para determinar a climatologia, mas como não foi possível por falhas nas series de dados calculamos uma média com os 22 anos de dados. Isso se fez necessário para possibilitar delimitar os períodos chuvoso e seco. A média dos 22 anos foi obtida para cada mês, somando-se os totais mensais de todos os ano e dividindo-se pelo número de anos.

Assim, as estações chuvosa e seca foram obtidas através das médias mensais, do desvio padrão e a média dos desvios padrão. Os meses com pluviometria acima da média dos desvios foram contabilizados como chuvosos e os abaixo da média dos desvios foram considerados pertencentes ao período seco.

Após isso calculou-se a soma dos três meses correspondentes as estações do ano e os totais anuais de cada posto pluviométrico. Dividiu-se a soma do período que representa cada estação pelo total anual de precipitação de cada posto pluviométrico e multiplicou-se o valor encontrado por 100. Dessa forma foi obtido a contribuição de precipitação em percentagem.

4.2.2 Correlação simultânea entre as TSM das áreas dos Niños e o período chuvoso

A correlação simultânea foi obtida utilizando as anomalias normalizadas de precipitação e as anomalias normalizadas de TSM, como mostra as equações abaixo:

$$ANP = \frac{(p_i - \bar{P})}{\sigma} \quad \text{Equação} \quad (1)$$

Na qual:

ANP = Anomalia de Precipitação;

pi = Precipitação mensal;

\bar{P} = Precipitação média;

σ = Desvio padrão.

$$ANTSM = \frac{(TSM_i - \overline{TSM})}{\sigma} \quad \text{Equação} \quad (2)$$

Na qual:

ANTSM = Anomalia da TSM;

TSM_i = TSM mensal;

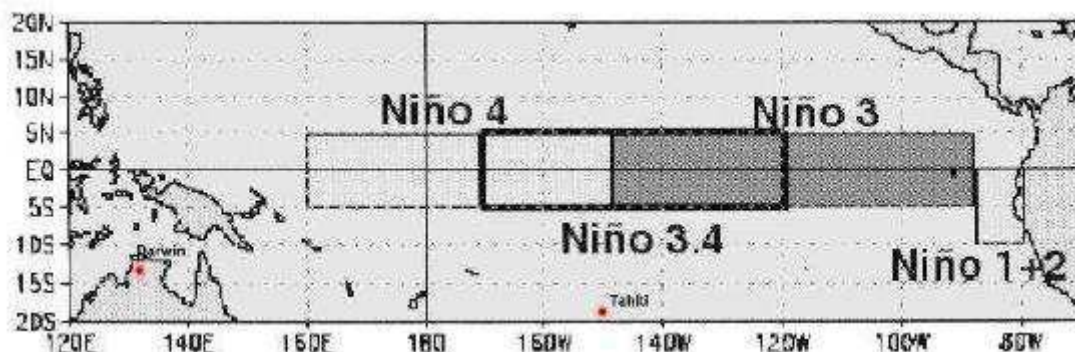
\overline{TSM} = TSM média;

σ = Desvio padrão.

Foram calculadas as anomalias de TSM de cada período chuvoso para cada região do El Niño e depois foi feita a correlação entre a de Precipitação e as TSM das regiões dos Niño 1+2, 3.4, 3 e 4.

As APs (anomalias de precipitação) foram obtidas para o período chuvoso da região com a finalidade de investigar a influência do ENOS (especificamente do La Niña) na variabilidade da precipitação das estações estudadas. Foram utilizadas as anomalias mensais de TSM na área dos Niños: Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 e Niño 4. (Figura 5)

Figura 5 - Regiões dos Niños no Pacífico Equatorial



Fonte: (MINUZZI, 2003).

A significância estatística dos valores de correlação pode ser conseguida através de um teste de hipótese simples. Testando a hipótese de que os valores do coeficiente de correlação de Pearson (r) são iguais a zero, o que significaria que não há correlação linear alguma entre os pares de variáveis

contra a hipótese de que eles são diferentes de zero significando que a correlação, por mais tênue que seja, é significativa. (NOGUEIRA, 2015).

Para tanto, calcula-se o valor:

$$t_0 = r \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}} \quad \text{Equação} \quad (3)$$

Em que r é o valor do coeficiente de correlação de Pearson da amostra e n é o número de elementos na amostra (no presente caso é o número total de meses do período chuvoso).

Para a análise estatística foi utilizado o teste t student.

4.2.3 Estudo de caso

Para os postos pluviométricos que apresentaram correlação significativa entre as ANTSM e ANP foram utilizados para realizar o estudo de caso.

Calculou-se as anomalias de precipitação desses postos pluviométricos de acordo com a equação (4), para os anos de eventos extremos de El Niño.

$$AP = xi - \bar{x}_i \quad \text{Equação} \quad (4)$$

Na qual:

AP = anomalia de precipitação do posto pluviométrico;

XI = valor mensal de precipitação do posto pluviométrico;

\bar{X}_I = valor médio mensal de precipitação do posto pluviométrico.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Determinação do período chuvoso

Observa-se que a precipitação na região do sertão da Paraíba tem os períodos seco e chuvoso bem definidos; com este último em 15 postos pluviométricos, iniciando em janeiro e se prolongando até maio. Nesses meses estão concentrados mais de 80% da precipitação anual da região. Para representar esse comportamento sazonal da precipitação foi selecionado o posto pluviométrico de Cajazeiras, apresentado na Tabela 2, onde constam que os seus máximos de precipitação ocorrem em março na maioria dos anos. Características semelhantes foram encontradas no trabalho de Araújo (2006) em que avalia o regime hídrico da Paraíba como sendo o de janeiro a maio.

Do total analisado 4 postos pluviométricos apresentaram o período chuvoso com início em dezembro e se estendendo até maio. Esse comportamento ocorre devido às variações da pluviometria do sertão da Paraíba, não indicando que o sertão da Paraíba tem o período chuvoso de 6 meses.

Tabela 2 - Totais mensais de precipitações do período chuvoso na estação meteorológica convencional de Cajazeiras - período 1994-2015

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Total
1994	256,7	197,4	106,6	166,2	18,4	745,3
1995	157,9	98,7	193,9	245,5	21,1	717,1
1996	285,2	233,8	194,1	421,3	112,9	1247,3
1997	299,3	113,1	320,2	173,3	20,8	926,7
1998	262,3	128,3	99,2	121,8	61,2	672,8
1999	95,5	142,7	263,1	83,5	215,9	800,7
2000	161	258,7	338,3	248,5	120,2	1126,7
2001	15,2	122	298,3	47,5	120	603
2002	327,7	94,3	184,9	150,3	1	758,2
2003	150,5	202,1	255,3	182,6	136,7	927,2
2004	457,8	265	231,7	61,7	64,5	1080,7
2005	91,7	27,1	417,2	98,7	4,5	639,2
2006	13,2	360,5	273,4	326,5	168,2	1141,8
2007	52,3	296,2	215	142,5	81,8	787,8
2008	210,9	205,1	590,4	411,4	89	1506,8
2009	167,1	183,3	288,5	529,4	51,9	1220,2
2010	104,9	40,7	137,1	162	139,8	584,5
2011	403,4	500,8	96,8	178,1	121,8	1300,9
2012	69,3	262,4	194	108,8	252,4	886,9
2013	41,8	97,8	241,9	91,1	198,9	671,5
2014	74,6	192,3	322,6	175,2	64,8	829,5
2015	21	72,5	207,2	92,2	198,6	591,5

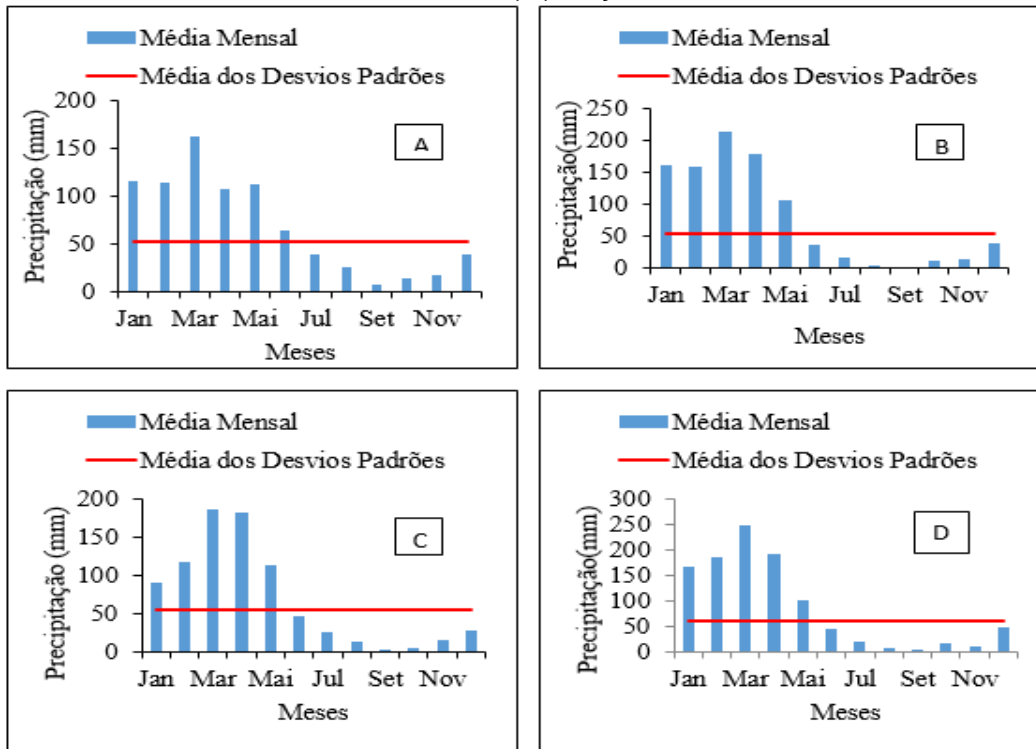
Fonte: Autoria própria

Foram analisados os dados de 19 postos pluviométricos do Sertão Paraibano, desses, 15 apresentaram comportamento semelhantes. Onde nota-se facilmente que os totais mensais dos 5 primeiros meses ficaram acima do desvio padrão médio.

Já os quatro postos pluviométricos das cidades de Manaíra, Princesa Isabel, Santana de Mangueira e São José de Piranhas apresentaram o período chuvoso de dezembro a maio. Nas figuras abaixo podem ser observadas as

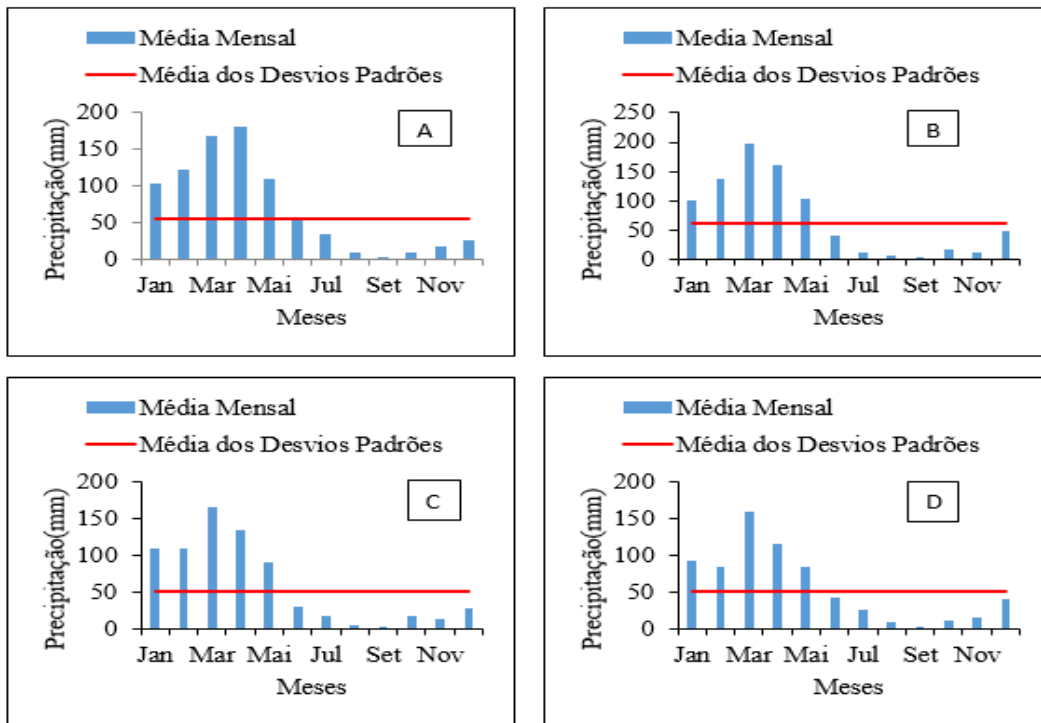
médias de precipitação mensal dos vinte e dois anos para cada posto pluviométrico, totalizando o total de 19 postos pluviométricos.

Figura 6 - Postos pluviométricos: (A) Água Branca, (B) Aguiar, (C) Brejo do Cruz, (D) Cajazeiras



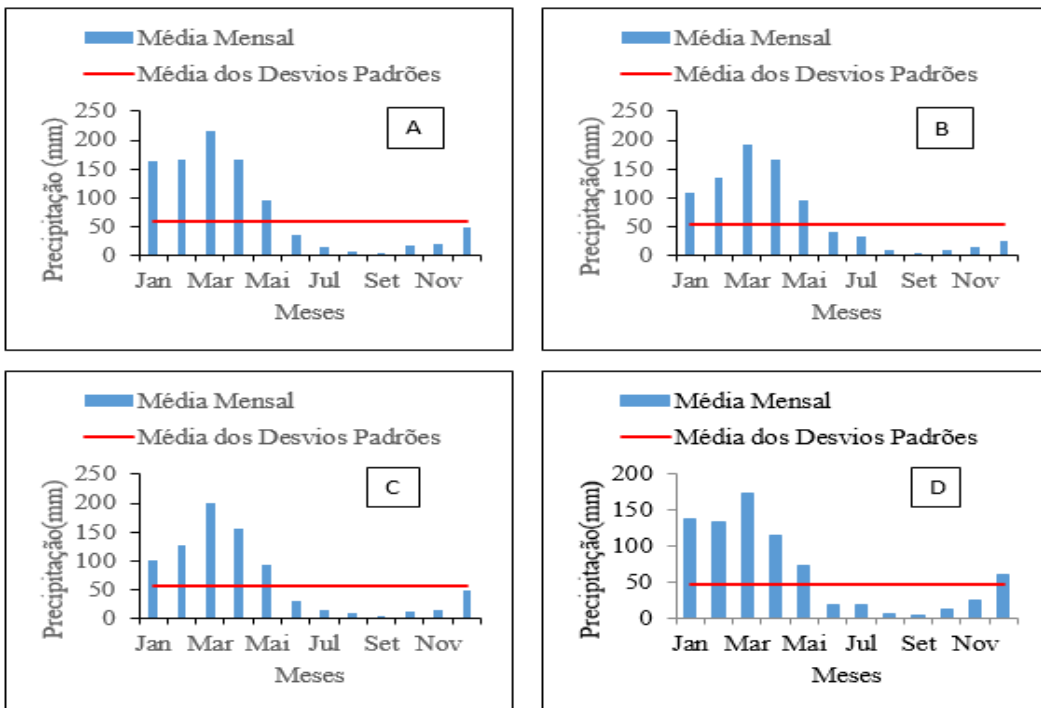
Fonte: Autoria própria.

Figura 7 - Postos pluviométricos: (A) Catolé do Rocha (B) Condado (C) Emas (D) Imaculada



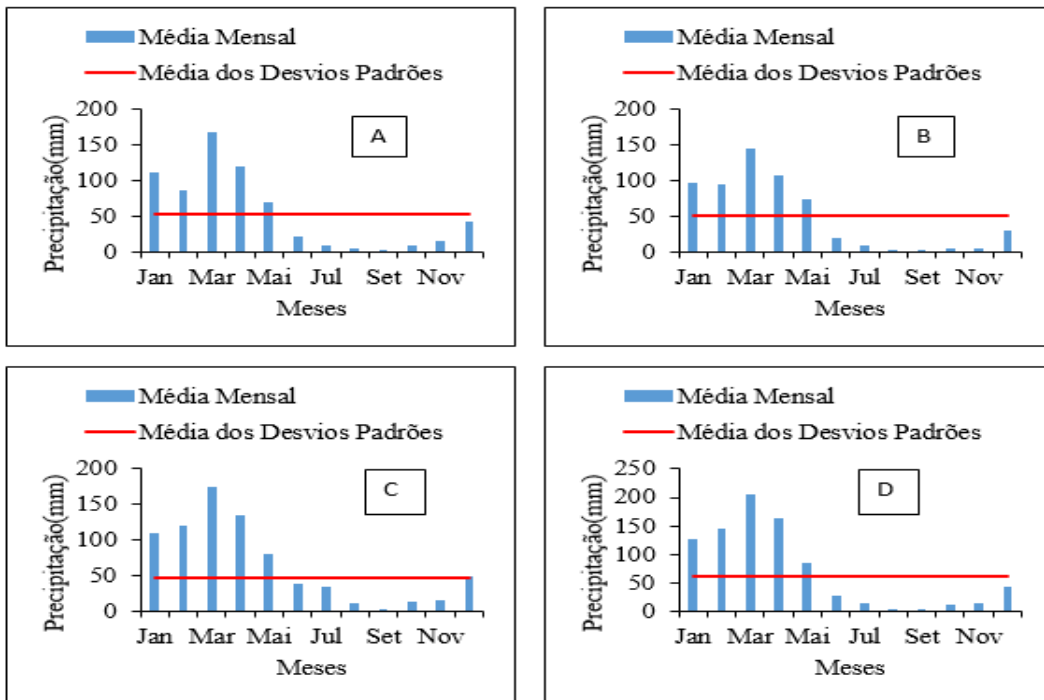
Fonte: Autoria própria.

Figura 8 - Postos pluviométricos: (A) Itaporanga (B) Lagoa (C) Malta (D) Manaíra



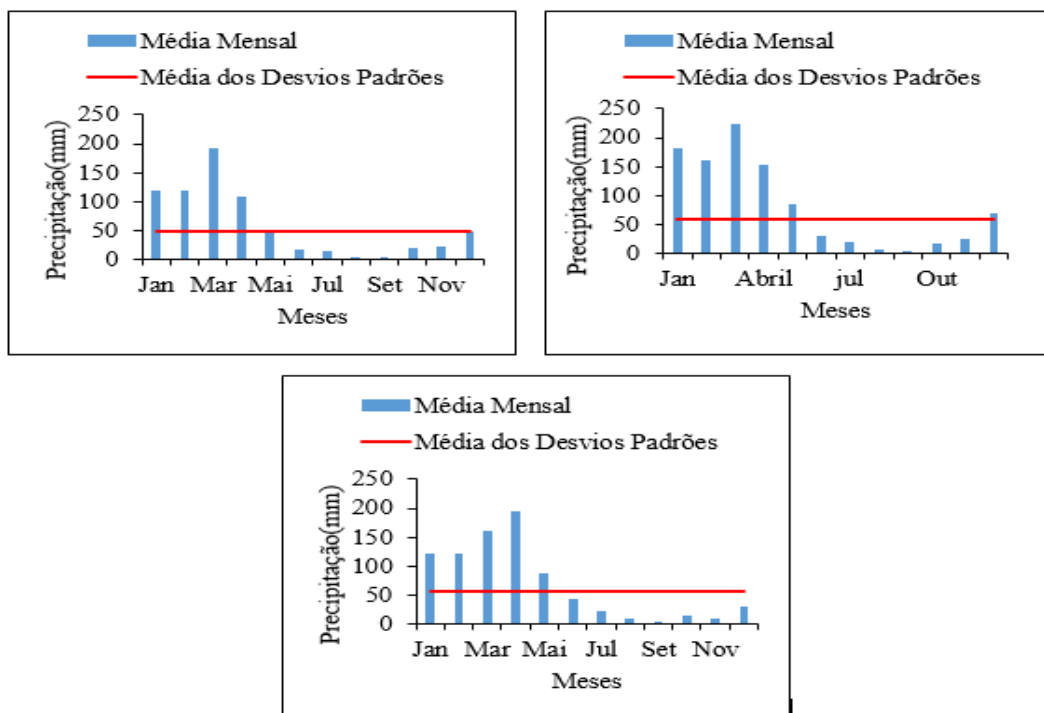
Fonte: Autoria própria.

Figura 9 - Postos pluviométricos: (A) Mãe D'água (B) Passagem (C) Princesa Isabel (D) Santa Terezinha



Fonte: Autoria própria.

Figura 10 - Postos pluviométricos: (A) Santana de Mangueira (B) São José de Piranhas (C) Uiraúna



Fonte: Autoria própria.

5.2 Contribuição das estações do ano para o total anual

Analisando de acordo com as estações do ano, observou-se para todos os postos que as duas estações que mais contribuem com o regime hídrico do sertão paraibano são: verão com o trimestre Dezembro, Janeiro e Fevereiro (DJF) e o outono correspondente ao trimestre Março, Abril e Maio (MAM). Essas duas estações contribuem com mais de 80% do total anual. O inverno e a primavera constituem o período seco da região. Verifica-se na Tabela 3 a contribuição das estações em percentagens para todos os postos pluviométricos.

Tabela 3 – Contribuição em percentagem (%) das estações do ano para os postos pluviométricos

Estação	Verão(%)	Outono(%)	Inverno(%)	Primavera(%)
Água Branca	32,7	46,6	15,7	4,9
Aguiar	38,1	53,2	6	2,7
Brejo do Cruz	28,3	58,6	10,1	2,7
Cajazeiras	38	52	6,6	2,9
Catolé do Rocha	29,9	55,2	11,6	3,2
Condado	34,2	55,1	6,8	3,7
Emas	33,9	54,5	7,1	4,3
Imaculada	31,4	52,8	11,3	4,4
Itaporanga	39,6	50,5	5,6	4,1
Lagoa	32,1	54,9	9,9	3
Malta	34,2	56	6,5	3,2
Manaíra	42,3	46,7	5,6	5
Mãe D'água	36,3	54,4	5,3	3,8
Passagem	37,3	55	5,3	2,2
Princesa Isabel	35,3	49,6	10,8	4,2
Santa Teresinha	37,4	54,2	5,4	2,9
Santana de Mangueira	39,9	49,1	4,4	6,2
São José de Piranhas	42,6	47,6	4,8	4,4
Uiraúna	33,4	54,5	8	2,9

Fonte: Autoria própria.

5.3 Relação do período chuvoso com os eventos La Niña

Pode ser verificado na Tabela 4 os anos de eventos La Niña. Nesta tabela, cada evento é indicado pelo ano que corresponde à fase inicial do evento. Pode-se perceber que dos 22 anos estudados, apenas 6 apresentaram esse fenômeno. Segundo o Climerh (2002) os eventos La Niña apresentam maior variabilidade e ocorrem com frequência menor que os eventos El Niño.

Tabela 4 – Anos com La Niña

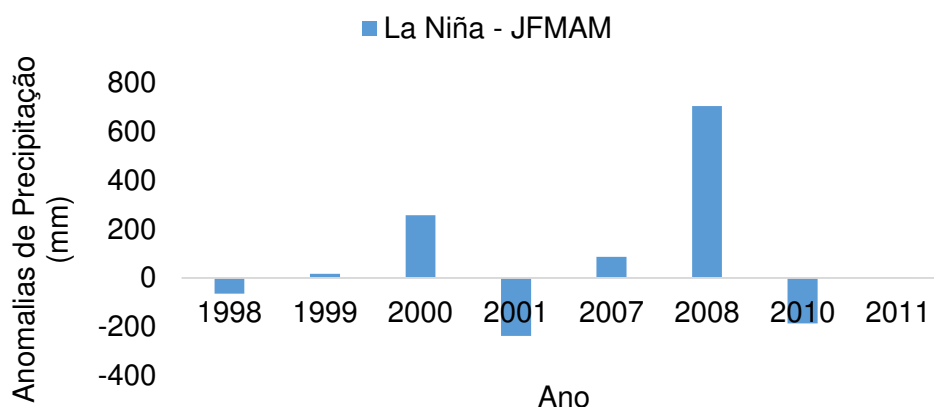
La Niña	Início	Término	Intensidade
1998-01	Jul/98	Fev/01	M
2007-08	Set/07	Maio/08	F
2010-11	Jul/10	Abr/11	F

Fonte: Autoria própria.

No ano de 1998 nenhum posto pluviométrico apresentou anomalia positiva. Isso pode ter ocorrido devido o La Niña desse ano ocorrer após o período chuvoso da região e porque tinha terminado de ocorrer um El Niño forte, como apresentado no trabalho de Santos (2012).

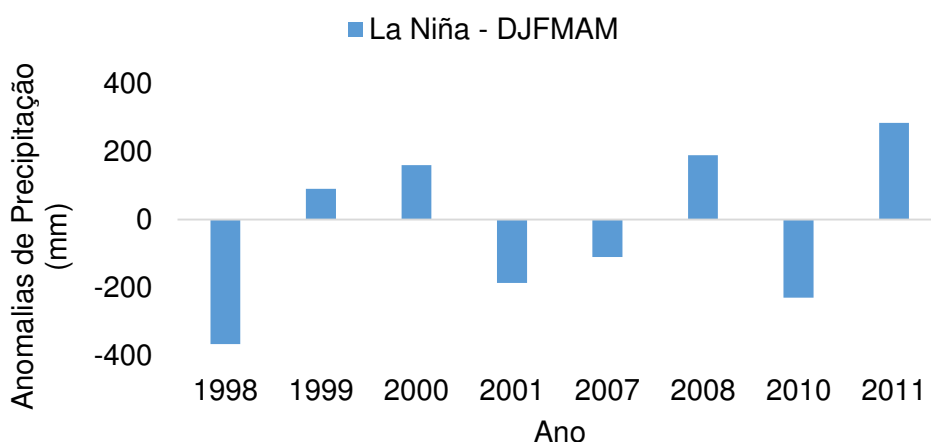
No ano de 1999, cinco estações apresentaram anomalias positivas, foram elas: Condado, Itaporanga, Malta, Manaíra e São José de Piranhas. As demais estações não apresentaram esse comportamento mesmo o ano de 1999 sendo ano de evento La Niña. O que pode ter acontecido para esse resultado é que as demais estações possivelmente foram influenciadas pelo efeito do El Niño de forte intensidade do ano anterior, no qual as anomalias negativas das Temperaturas da Superfície do Mar (TSM) no oceano Pacífico Equatorial ocorridas no biênio de 1997/1998 provocaram consequências desastrosas para agricultura e pecuária do semiárido paraibano. Silva, Maciel e Guedes (1998) relataram que a ocorrência do fenômeno forte de 1998 foi o mais severo do que o de 1983 e um dos maiores do século, onde as anomalias da TSM do oceano Pacífico superaram 6 °C. A exemplo as Figuras 8 e 9 com a anomalia de Itaporanga e Manaíra.

Figura 11 – Anomalias de precipitação para a estação de Itaporanga



Fonte: Autoria própria.

Figura 12 – Anomalias de precipitação para a estação de Manaíra



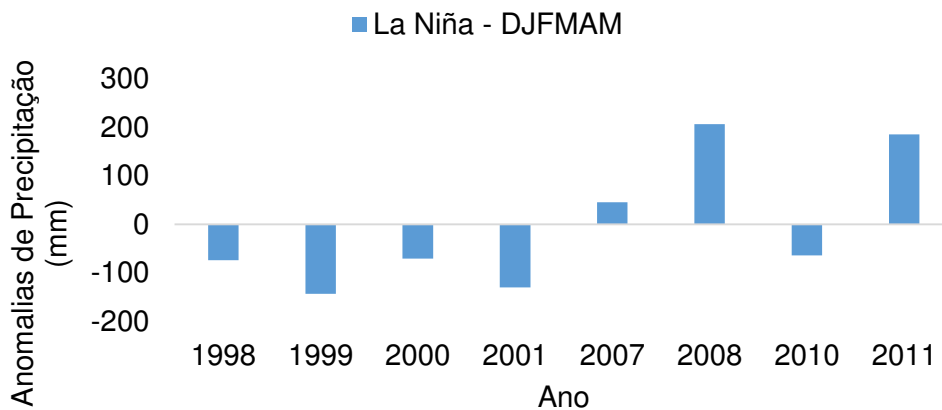
Fonte: Autoria própria.

O ano de 2000 foi um ano que apresentou o evento dentro do período chuvoso. Foi o terceiro a apresentar mais estações com anomalias positivas, 7 dos postos pluviométricos tiveram precipitações acima da média.

As precipitações ficaram mais de 200 mm acima da média nesse ano e em 2001 nenhum dos postos apresentaram anomalia positiva e isso pode ter ocorrido devido ao evento La Niña ter terminado no mês de fevereiro desse ano.

Em 2007 Itaporanga (Figura 11) e Princesa Isabel (Figura 13) apresentaram anomalias positivas.

Figura 13 - Anomalias de precipitação para a estação de Princesa Isabel

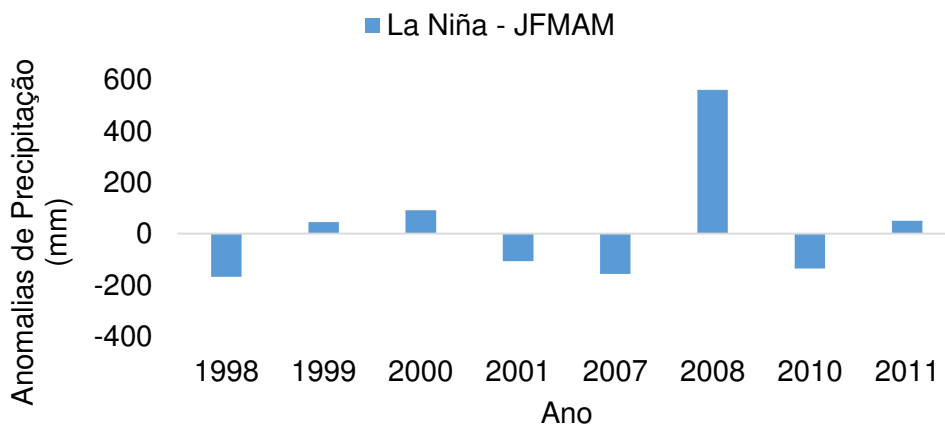


Fonte: Autoria própria.

Em 2008 todas as estações apresentaram anomalias positivas. Inclusive nesse ano foi registrada a maior anomalia positiva com 704 mm acima da média para o posto pluviométrico de Itaporanga (Figura 8). Sendo, portanto, este evento de 2008 o mais significativo, merecendo destaque pelos totais pluviométricos muito acima da média climatológica. Nogueira (2015) relatou que na estação de Chapadinha-MA a anomalia do trimestre mais chuvoso foi de mais de 700mm acima da média.

Em 2010 nenhum posto apresentou anomalias positivas associadas ao evento de La Niña. Já em 2011 todos os postos registraram anomalias positivas. A exemplo o posto pluviométrico de Condado (Figura 14).

Figura 14 - Anomalias de precipitação para a estação de Condado



Fonte: Autoria própria.

5.4 Variabilidade Interanual da precipitação - Correlação simultânea

Apenas oito postos pluviométricos apresentaram correlação com as áreas dos Niños. As áreas do Oceano Pacífico Equatorial que apresentaram maior correlação com a precipitação na maioria das estações analisadas foram as do Niño 1+2 e a do Niño 4. Todos os oito postos apresentaram correlação com a área do Niño 1+2. A segunda região que mais apresentou correlação foi a do Niño 4. Resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira e Satyamurty (1998) que apontaram as mesmas regiões do oceano com influência na precipitação do Brasil. Ambas mantiveram baixos valores de correlações, mas foram as que apresentaram valores mais próximos de 1. Esses resultados foram avaliados em dois níveis de significância: 90% para os postos pluviométricos que apresentaram período chuvoso de janeiro a maio e 95% para os de período chuvoso de dezembro a maio.

A exemplo das correlações têm-se a Tabela 5, abaixo para Cajazeiras. As demais estações não apresentaram correlação significativa da TSM com a precipitação.

Tabela 5 - Estatística aplicada aos dados de Cajazeiras

Áreas	Coefficiente de correlação	Coefficiente de determinação (r^2)	r^2 (%)	t_{cal}
Nino 1+2	0,35	0,12	12,89	4,40
Nino 3	0,12	0,01	1,46	1,39
Nino 4	-0,28	0,07	7,95	-3,36
Nino 3.4	-0,12	0,01	1,45	-1,38

Fonte: Autoria própria.

6 CONCLUSÕES

- Foi observado que o período chuvoso para as estações do semiárido se resume aos primeiros cinco meses, sendo março o mês mais chuvoso;
- As estações que mais contribuem com o total anual são verão e outono, isso provavelmente está relacionado com o deslocamento meridional da ZCIT;
- Em geral nos anos de La Niña a precipitação pluviométrica nas estações do sertão paraibano ficam na média, ou acima da média;
- As maiores correlações encontradas entre a precipitação e a TSM do Pacífico Equatorial foram com a região de Niño 1+2.

SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHO

- Realizar o mesmo estudo com pelo menos 30 anos de dados e mais estações, inclusive de outros Estados do Nordeste;
- Estudar a variabilidade interanual da precipitação do sertão paraibano em anos de Dipolo do Atlântico, para analisar qual dos dois fenômenos resultam em mais anomalias positivas ou negativas.

REFERÊNCIAS

AESA – **Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba**. Disponível em: <http://www.pb.gov.br/aesa>. Acesso em: 14 set. 2016.

ALMEIDA, H. A. de. **Climater, water and sustainable development in the semi-arid of northeastern Brazil**. In: Sustainable water management in the tropics and subtropics and case studies in Brazil, Unikaseel, Alemanha, v. 3, 2012a. p. 271-298.

ALMEIDA, H. A. de. **Climatologia Geográfica**. UEPB. Campina Grande, PB. Publicação didática, 2012b. 163 p.

ALVES, L. M.; MARENGO, J.A.; CAMARGO JR.; H., CASTRO, C; Início da estação chuvosa na região sudeste do Brasil: Parte 1 - Estudos observacionais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 20, n.3, p. 385-394, Dezembro, 2005.

ALVES, J. M. B., SOUSA., C. A. REPELLI., VITORINO, M. I., FERREIRA, N. S: Episódios de La Niña na bacia do oceano pacífico equatorial e a distribuição sazonal e intrasazonal das chuvas no setor norte do nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v.12. 63-76, 1997.

AMBRIZZIT, T.; SOUZA, E. B.; PULWARTY, R. S. The Hadley and walker regional circulations and associated ENSO impacts on south American seasonal rainfall. In: the hadley circulation: present, past and future, Diaz H. F. and Bradley R.S. (Eds.) **Kluwer Publishers**, Chapter 7, p. 203-235, 2004.

ANDRADE, A. R. **Variabilidade da Precipitação Pluviométrica na Bacia Hidrográfica do Ivaí – Paraná**. 2003. 99 f. Dissertação (Mestrado em Geografia)- Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2003.

ANDREOLI, R. V.; KAYANO, M. T.; GUEDES, R. L.; OYAMA, M. D.; ALVES, M. A. S. A influência da temperatura da superfície do mar dos oceanos Pacífico e Atlântico na variabilidade de precipitação em Fortaleza. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 19, n. 3, p. 337-344, 2004.

ANDREOLI, R. V.; KAYANO, M.T. Multi-scale variability of sea surface temperature in the tropical Atlantic. **J. Geophys. Res.**, v.109, C05009, doi: 10.1029/2003JC002220, 2007.

ARAGÃO, J. O. R. A general circulation model investigation of the atmospheric response to El Niño. **National Center for Atmospheric Research (NCAR)/CT-100**: Boulder-CO, U.S.A. 144p. 1986.

ARAGÃO, J.O.R., ROUCOU P., HARZALLAH A., FONTAINE B., et JANICOT S. Variabilité atmosphérique sur le Nordeste Brésilien dans le modèle de circulation générale du LMD (1970- 1988), **Publications de l'Association Internationale de Climatologie**, Vol. 7, 432-438, Toulouse- France, 1994.

- ARAÚJO, L. E. **Análise estatística de chuvas intensas na bacia hidrográfica do rio Paraíba**. 2006. 90 fls. Dissertação de mestrado (Pós-graduação de Meteorologia). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2006.
- ARAÚJO, S. M. V. G. **As áreas de preservação permanente e a questão urbana**. Brasília: Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados. 2002.
- ARRUDA, H. V. de; PINTO, H. S. An alternative model for dry-spell probability analysis. **Monthly Weather Review**, Boston, USA, v. 108, n. 6, p. 823-825, 1980
- AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. Editora Bertrand Brasil, 3ª Edição, 1991.
- AZEVEDO, P.V., B.B. da SILVA, e M.F.G. RODRIGUES, 1998. Previsão Estatística das Chuvas de Outono no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 13, no. 1, 19-30.
- BARRA, T. S.; COSTA, J. M. N.; RAO, T. V. R.; SEDIYAMA, G. C.; FERREIRA, W. P.; DANTAS NETO, F. S. Caracterização climatológica da severidade de secas do Estado do Ceará Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.2, p.266-272, 2002.
- BOLETIM DE MONITORAMENTO E ANÁLISE CLIMÁTICA – **Climanálise** - Número Especial, 1986. INPE. São José dos Campos, SP. 125 págs.
- CALBETE, N. O., GAN, M., SATYAMURTY, P. Vórtices ciclônicos da alta troposfera que atuam sobre a região nordeste do Brasil. **Revista Climánalise**, Cachoeira, Paulista/SP, Edição especial de 10 anos, 1996.
- CAMARGO, A.P.; PINTO, H. S.; PEDRO, J. M. J.; BRUNINI, O.; ALFONSI, R. R.; ORTOLANI, A. A. **Aptidão climática de culturas agrícolas**. In: VERDADE, F.C. (Coord.). Zoneamento agrícola do Estado de São Paulo. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, Secretaria da Agricultura, 1974. v.1, p.109.
- CAVIEDES, C. N. (1973). Sêcas and El Niño: two simultaneous climatic hazards in South America. Proc. Assoc. **American Geograph.**, vol. 5: 55-49, 1973.
- CLIMERH. **Anomalias La Niña 2002**. Disponível em: <http://www.climerh.rctsc.br/nino>. Acesso em 14 set. 2016.
- CPTEC. **Centro de Pesquisas Espaciais**. Disponível em: http://enos.cptec.inpe.br/saiba/oque_el-nino.shtml. Acesso em 26 de julho de 2016.

CPTEC/INPE. **Centro de Pesquisas Espaciais/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/enos/>, Acessado em 11 de setembro de 2016.

FERREIRA, R. N. O que é o El Niño? **Revista Eco 21**, v. 15, n. 10, p. 101. 2005.

FIBGE. **Informações parciais sobre o censo 2000**. 2001. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 14 set. 2016.

GAN, M. A; KOUSKY, V. E., 1982. Um Estudo Observacional sobre as Baixas Frias da Alta Troposfera nas Latitudes Subtropicais do Atlântico Sul e Leste do Brasil. **INPE**, São José dos Campos, SP. 25 págs.

GOODWIN, J.B; SANS, L.M.A. Análise de interação da data de plantio, probabilidade de chuvas e consumo de água pela cultura do milho. Nota preliminar. In: Reunião Brasileira de Milho e Sorgo, 2. **Anais...** Piracicaba-SP: ESALQ, 1976. p 483-97.

GRIMM, A. M., S. E. T. FERRAZ, CARDOSO, A. O. 1998: Influência de La Niña sobre a chuva no Nordeste brasileiro. In: X Congresso Brasileiro de Meteorologia. **Anais...** Sociedade Brasileira de Meteorologia.

INPE- **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. Disponível em: <http://www.inpe.br/acessoainformacao/node/399>. Acesso em: 12/07/2016.

KANE, R.P. Prediction of droughts in north-east Brazil: role of ENSO and use of periodicities. **Int. J. Climatol.**, v.17, p.655-665, 1997.

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V. Decadal variability of northern northeast Brazil rainfall and its relation to tropical sea surface temperature and global sea level pressure anomalies. **Journal Geophysical Research**, v. 109, n. C11011, 8 pp., 2004.

KOUSKY, V. E . Atmospheric Circulation Changes Associated With Rainfall Anomalies Over Tropical Brazil. **Monthly Weather Review**, n.113, n.11,p.120-128, 1981.

MARENGO, J. A. NOBRE, C.A.; CHOU, S. C.; TOMASELLA, J.; SAMPAIO, G.; ALVES, L. M.; OBREGÓN, G. O.; SOARES, W. R.; BETTS, R.; KAY, G. (2011). **Riscos das mudanças climáticas no Brasil: análise conjunta Brasil-Reino Unido sobre os impactos das mudanças climáticas e do desmatamento na Amazônia**. Disponível em: <http://www.cest.inpe.br>. Acesso em: 27 set. 2016.

MENDONÇA, F; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.206p.

MINUZZI, R. B. **Influência dos fenômenos El Niño e La Niña nos veranicos do estado de Minas Gerais**. 2003. Doutorado (Meteorologia agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

MOURA, A. D.; SHUKLA, J. On the dynamics of the droughts in Northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulations model. **Journal of the Atmospheric Science**, v. 38, n. 12, p. 2653-2673, 1981.

MOURA, G. B. A.; ARAGÃO, J. O. R.; LACERDA, F. F.; PASSAVANTE, J. Z. O. Relação entre a precipitação no setor leste do Nordeste do Brasil e a temperatura da superfície nos oceanos Atlântico (área do Dipolo) e Pacífico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 247-251, 2000.

NOBRE, C., P. SELLERS, J. SHUKLA, V. (1991), Amazonian deforestation and regional climate change. **J. Climate**, 4, 957-988.

NOGUEIRA, V. F. B. **Expansão da Soja no Cerrado Maranhense: uma análise da influência antrópica no clima regional**. 2015. 164 fls. Tese de Doutorado (Pós-graduação de Meteorologia). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2015.

NOGUEIRA, V. S.; CAVALCANTI, E.P.; NOGUEIRA, V. F. B.; MOURA, R. G.; FERNANDES, A. A. Oscilação interanual da precipitação observada associada aos sistemas convectivos de mesoescala sobre o Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 07, p. 969-978, 2014.

OLIVEIRA, G. S.; SATYAMURTY, P. O El Niño de 1997/1998: evolução e impactos no Brasil. In: X Congresso Brasileiro de Meteorologia, 10, 1998, Brasília, DF. **Anais**. Brasília: Sociedade Brasileira de meteorologia , 1998.1 CD-ROM.

PALMEIRA, A. C. P. de A.; CAMARGO, R. de. PALMEIRA, R. M. J. Efeito do detalhamento dos ventos na modelagem de agitação marítima no Oeste do Atlântico Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v 27, n. 1, p. 117-125, 2012.

PHILANDER, S. G. El Niño, La Niña, and Southern Oscillation. **Academic Press**, Londres, 289p., 1991.

PORTO, M. **Recursos Hídricos e Saneamento na Região Metropolitana de São Paulo**: Um Desafio do Tamanho da Cidade. Brasília: Banco Mundial, 2003.

SANTOS, E. A. **Variabilidade no regime pluvial nas microrregiões do sertão da Paraíba nos anos de El Niño Oscilação Sul**. 2012. 98 f. TCC (Graduação) - Curso de Geografia, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2012.

SILVA, D. F. da; SOUSA, F. de A. S. de; KAYANO, M. T. Uso de IAC e ondeletas para análise da influência das multiescalas temporais na precipitação da bacia do rio Mundaú. **Revista de Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 1, p. 180-195, jan/abr 2009.

SILVA, R. DA, V.P., MACIEL, G.F.; GUEDES, M.J.F. Influência dos eventos fortes do fenômeno El Niño na precipitação pluvial do Nordeste do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 10, e Congresso da FLISMET, 8, 1998, Brasília, **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1998, CD Rom.

SOUZA, E. B.; AMBRIZZI, T.; COELHO, C. A. S. Two episodes with reversed impacts on the regional precipitation of the northeastern South America. **Meteorologica**, v.29, n. 1-2, p. 5-16, 2004.

WALKER, G. T. Ceará (Brazil) famines and the general air movement. **Beitrag zur Physik der freien Atmosphere**, v.14, p.88-93, 1928.

XAVIER, T. de M. B. S. Tempo de Chuva - Estudos Climáticos e de Previsão para o Ceará e Nordeste Setentrional. Fortaleza, CE: **ABC Editora**, 478p. 2001.

XAVIER, T. M. B. S.; XAVIER, A. F. S.; SILVA-DIAS, M. A. F.; SILVA-DIAS, P. L. Interrelações entre Eventos ENOS (ENSO), a ZCIT (ITCZ) no Atlântico e a Chuva nas Bacias Hidrográficas do Ceará, **Revista Brasileira Recursos Hídricos**, v. 8, n. 2, p. 111-126. 2003.