



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO  
UNIDADE ACADÊMICA DE TECNOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO

**ANÁLISE QUANTITATIVA DA VARIABILIDADE DA CHUVA EM  
JOÃO PESSOA/PB, EM VÁRIAS ESCALAS DE TEMPO.**

BIANCCA CORREIA DE MEDEIROS

SUMÉ-PB

2015

BIANCCA CORREIA DE MEDEIROS

**ANÁLISE QUANTITATIVA DA VARIABILIDADE DA CHUVA EM  
JOÃO PESSOA/PB, EM VÁRIAS ESCALAS DE TEMPO.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a  
Universidade Federal de Campina Grande -  
UFCG em cumprimento às exigências para a  
obtenção do grau de Engenheira.

Orientadora: Profa. Dra. Aldinete Bezerra Barreto

SUMÉ-PB

2015

M467a Medeiros, Biancca Correia de  
Análise quantitativa da variabilidade da chuva em João Pessoa - PB, em várias escalas de tempo. / Biancca Correia de Medeiros. / Sumé: [s.n], 2015.  
32p.

Orientadora: Professora Doutora Aldinete Bezerra Barreto.

Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso de Engenharia de Biosistemas.

1. Biosistemas. 2. Chuva - Pluviosidade. 3. Clima - João Pessoa - Cidade. I. Aldinete Bezerra Barreto. II. Título

CDU 632.116.1(043.3)

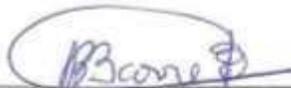
**Bianca Correia de Medeiros**

**ANÁLISE QUANTITATIVA DA VARIABILIDADE DA CHUVA EM  
JOÃO PESSOA/PB, EM VÁRIAS ESCALAS DE TEMPO.**

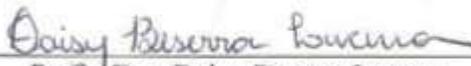
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Biosistemas, do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Engenheiro de Biosistemas.

Aprovado em: 26 de janeiro de 2015

BANCA EXAMINADORA



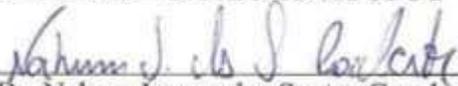
Prof. Dra. Aldinete Bezerra Barreto Anastácio  
Orientadora – UATEC/CDSA/UFCG



Prof. Dra. Daisy Beserra Lucena  
Examinadora – UATEC/CDSA/UFCG



Prof. Dr. George do Nascimento Ribeiro  
Examinador – UATEC/CDSA/UFCG



Prof. Dr. Nahum Isaque dos Santos Cavalcante  
Examinador – UAEDUC/CDSA/UFCG

A Deus por tudo que me proporciona na vida, que me mantém olhando para frente sem me deixar tropeçar.

Aos meus pais, pela confiança, amor, cuidado, e sabedoria, os principais responsáveis por tudo o que sou e conquistei.

A minha orientadora, pelos grandes ensinamentos, por acreditar na minha capacidade, pela amizade.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus, foi ele que esteve comigo em todos os momentos desta caminhada.

A minha mãe, meu espelho, foi você que renunciou muitas coisas para ver minha vitória, esteve comigo em todas as horas. Com você do meu lado, o difícil se tornou fácil. Ao meu pai, por ser meu herói, sempre me apoiando e esteve do meu lado.

Ao meu irmão, cada um tem seu jeito de dizer que ama e que torce por você, e com ele não foi diferente, sempre esteve comigo do seu jeito, meio atrapalhado, mais do meu lado.

A minha orientadora, Aldinete, pelos sábios ensinamentos, pela paciência durante esses anos, pelos conselhos, pela amizade, sem ela eu não chegaria até aqui.

Ao meu namorado Carlos Diego, que sempre me ouviu, apoiando e dando conselhos, mesmos nos estresses de universidade soube me compreender e me entender.

Aos meus avôs, por estarem comigo, torcerem pelo meu sucesso. As minhas tias, em especial Fernanda e Bruna, pois elas sabiam as palavras certas para usar nos momentos de dificuldades e de alegrias e a minha afilhada linda, Vivian Maria.

A minha madrinha Morgana, é uma pessoa muito especial e aos meus primos, José, Pedro, João Ricardo, Rafael vocês são muito importantes na minha vida.

A Lúcia e Carlinhos, foram meus pais fora de casa, sempre quando eu precisei estiveram do meu lado.

Aos meus amigos, Patrícia, José e Romilson, vocês foram à base para esse sucesso, cada palavra dita de incentivo, cada brincadeira, e aos meus amigos de turma Jaricélia, Leandro e Diorgenes, por me aguentarem durante todos esses anos.

Aos amigos mais antigos, Tales, Dayanne, Emilly, Carlos Diego, e Flaubert. Passamos muitos momentos felizes juntos.

Agradeço em especial ao professor Aldre Barros, meu orientador de estágio, que no momento escuro da minha vida foi uma luz muito importante, me ajudou quando eu precisei.

A todos os professores que me ensinaram durante esses cinco anos que passamos juntos.

A banca examinadora meu muito Obrigado!

Por fim, agradeço a todos que torceram por meu sucesso e estiveram do meu lado durante toda essa caminhada. Muito obrigada!

*“Julgue seu sucesso pelas coisas que você teve  
que renunciar para conseguir”*

*(Dalai Lama)*

## RESUMO

A área de interesse para este estudo foi João Pessoa, capital da Paraíba, localizada no litoral do Nordeste do Brasil. Neste estudo foram utilizados totais diários (1961 a 2012) e horários (2007 a 2011) da precipitação observada na estação climatológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), em João Pessoa-PB. Os dados foram usados para estudar a variabilidade da chuva em várias escalas de tempo, investigando as anomalias de precipitação em anos de El Niño (EN) e La Niña (LN), como também identificar eventos de chuva intensa com ênfase em casos extremos. Os resultados destacam os meses de abril a julho como o período de picos máximos da precipitação média mensal e da frequência máxima do número de dias com chuva, bem como o período do número máximo de eventos extremos de chuva. Esses eventos extremos foram identificados através da técnica do percentil, definindo como extrema toda precipitação total diária igual ou superior a 60 mm (percentil 97). Os desvios padronizados de precipitação (DPP) mensais apresentam valores negativos e positivos, entre -1,7 e 3,7. Observou-se que os DPP negativos predominam tanto na época de El Niño (62,04%) quanto de La Niña (56,37%), o que significa uma diminuição no volume de chuva. Porém, esses resultados não confirmam uma evidência significativa da influência dos fenômenos El Niño e La Niña sobre a variabilidade da chuva. No ciclo diário, ficou evidente a importância da circulação de brisa terrestre no regime de precipitação da cidade de João Pessoa, já que favorece a chuva no final da noite até o início da manhã, com frequência máxima às 6 HL (Horário Local).

**Palavras-Chave:** Área Urbana. Precipitação. Evento extremo. Desvio Padronizado.

## ABSTRACT

The area of interest for this study was João Pessoa, capital of Paraíba, located on the coast of Northeast Brazil. In this study daily (1961-2012) and hourly (2007-2011) rainfall totals observed at the meteorological station of the National Institute of Meteorology (INMET) in João Pessoa-PB were employed. The data were used to study the variability of rainfall on various time scales, investigating the precipitation anomalies in El Niño (EN) and La Niña (LN) years, as well as identifying heavy rainfall events with an emphasis on extreme cases. The results highlight the months from April to July as the period of maxima in the mean monthly precipitation, and in the frequency of rain days and extreme rainfall events. The extreme events were identified by means of the percentile technique, being defined as all daily precipitation total equal or higher than 60 mm (97th percentile). The monthly standardized precipitation deviation (DPP) shows negative and positive values ranging from -1.7 to 3.7. It was observed that negative DPP are more frequent both at the time of El Niño (62.04%) and La Niña (56.37%), which means a decrease in the volume of rainfall. But these results do not confirm a significant evidence of the influence of El Niño and La Niña phenomena on rainfall variability. In the daily cycle, it was evident the importance of the land breeze circulation in the precipitation regime of the city of João Pessoa, since it favors rainfall in late evening up to early morning, with maximum frequency at 6 LT (Local Time).

**Keywords:** Urban Area. Precipitation. Extreme event. Standard Deviation.

## I. LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Distribuição mensal da normal climatológica da temperatura do ar e precipitação do período de 1961-1990 da estação climatológica principal de João Pessoa-PB.....16
- Figura 2 - Distribuição do total anual de precipitação e média climatológica do período 1961-2012 da estação de João Pessoa.....19
- Figura 3 - Desvio Padronizado de Precipitação (DPP) em João Pessoa-PB: (a) do período 1961-1970; (b) do período 1973-1989; (c) do período de 1990-2000 e (d) do período 2001-2012.....22
- Figura 4 - Distribuição mensal da normal climatológica da precipitação (1961-1990) e da precipitação média e desvio padrão (DP) do período 1961-2012 para João Pessoa.....24
- Figura 5 - Frequência mensal do número de dias com chuva em João Pessoa (1961-2012) para o período anual, no quadrimestre chuvoso e nos meses de Janeiro/março-agosto/dezembro.....25
- Figura 6 - Frequência mensal do número de eventos extremos de chuva no período em estudo (1961-2012) no período anual, no quadrimestre chuvoso e nos meses de Janeiro/março-agosto/setembro em João Pessoa.....26
- Figura 7 - Totais diários de precipitação (mm) para o mês de junho de 2008 nas duas estações meteorológicas do INMET.....27
- Figura 8 - Precipitação acumulada (mm) registrada pela estação automática do INMET no período de 21 HL do dia 15 às 24 HL do dia 16 de junho de 2008.....28
- Figura 9 - Série temporal da frequência horária da chuva (dias) para o período de agosto de 2007 a dezembro de 2011.....29

## **II. LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Valores percentuais do número de Desvio Padronizado de Precipitação (DPP) para períodos de El Niño (EN) e La Niña (LN), de 1961 a 2012.....	23
--	----

### **III. LISTA DE QUADROS**

Quadro 1- Anos de eventos de El niña e La niña do período de 1961-2012.....	18
Quadro 2 - Frequência mensal dos eventos extremos de precipitação, igual ou superior a 60 mm, por intervalos de classe de 20 mm.....	27

#### **IV. LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

DPP- DESVIO PADRONIZADO DE PRECIPITAÇÃO

EN – EL NIÑO

HL – HORÁRIO LOCAL

LN – LA NIÑA

NEB – NORDESTE BRASILEIRO

TSM - TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR

## SUMÁRIO

<b>1 - INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	13
<b>3 - MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	15
3.1 – Características da cidade de João Pessoa .....	15
3.2 - Dados .....	16
3.3 - Metodologia .....	17
<b>4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	19
4.1 - ..... Variabilidade Anual da precipitação	19
4.2 - ..... Variabilidade Temporal Mensal, Diária e Horária da Precipitação	23
<b>5 - CONCLUSÕES</b> .....	29
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	30

## 1. INTRODUÇÃO

A expansão das áreas urbanas, nas últimas décadas, tem ocorrido sem nenhum critério técnico ou lógico, o que resulta na ocupação e uso desordenados do solo, degradação ambiental e criação de áreas de riscos. Nessas áreas, a precipitação intensa é motivo de preocupação para a população urbana, tendo em vista que essas chuvas estão associadas a impactos socioambientais como: enchentes; alagamentos em vias públicas e em ocupações de áreas de várzea; deslizamentos de encostas devido à saturação do solo; desabamentos de moradias e, algumas vezes, contaminação das águas. Esses acontecimentos podem ser considerados como risco ambiental (JACOBI, 2006) e a parte mais exposta, a esses riscos ambientais nas cidades, é a população que vive em habitações precariamente construídas em áreas de risco.

A gravidade desses impactos, quando associados a eventos extremos de chuva, tem sido um aspecto importante de discussão, no sentido de antecipar-se aos acontecimentos por meio de planejamentos preventivos e eficazes. O esforço para minimizar as consequências dessas chuvas requer uma abordagem multifatorial que envolve, desde a implantação de políticas públicas para o uso e a ocupação do solo urbano, até um conhecimento mais profundo do regime pluviométrico e das circulações atmosféricas que o condicionam, que podem dar suporte para ações e decisões do poder público, no uso de práticas eficazes para melhorias socioambientais.

As inundações e os movimentos de massa, como deslizamentos, denominados como desastres naturais, são os que mais geram vítimas fatais. Ressalta-se que esses desastres não estão associados apenas aos fatores climáticos, mas também a problemas de infraestrutura.

O ano de 2010 traz lembranças recentes desse tipo de tragédia. No estado do Rio de Janeiro o ano começou com deslizamentos de encosta na Ilha do Bananal e na Ilha Grande e, o pior deles, em Angra dos Reis. No mês de abril e maio, novos registros de destruição e vítimas fatais nos estados do Rio de Janeiro e da Bahia. Na cidade de Niterói-RJ, o deslizamento no Morro do Bumba, um lixão desativado, foi uma tragédia anunciada. Na região metropolitana de Salvador-BA, o Rio Ipitanga transbordou e deixou parte da cidade de Lauro de Freitas debaixo d'água.

Segundo o BOLETIM AGROCLIMATOLÓGICO MENSAL DE JUNHO – 2012, no mês de junho de 2012, a cidade de João Pessoa, capital paraibana situada no litoral leste do Nordeste, destacou-se por registrar o maior total mensal de chuva do Brasil. Nesse mês choveu 540,7 mm. No dia 07, o INMET registrou 131 mm. Entre os dias 19 e 20 de junho choveu 163 mm

acumulados. No dia 28 ocorreu o maior total diário do mês, 151,6 mm. Volumes de chuva desta ordem são suficientes para causar grandes alagamentos na maioria dos centros urbanos.

Essa chuva volumosa causou muitos transtornos à cidade de João Pessoa, com deslizamentos de terras; soterramento de uma adolescente durante uma hora devido ao desmoronamento de uma barreira; queda de árvores; desabamentos de moradias; alagamentos e cancelamento de voos. Em alguns pontos da cidade com vias alagadas, a água atingiu quase um metro de altura.

Na cidade de João Pessoa, cujo total anual de chuva é um dos mais elevados (2145,4 mm) do país (RAMOS et al., 2009), os riscos e prejuízos relacionados com chuvas extremas e contínuas ocorrem principalmente no outono e inverno (ANJOS et al., 2006). Assim, conhecer as características dessas chuvas é importante, uma vez que sua intensidade pode resultar em prejuízos econômicos, sociais e ambientais.

Então, o objetivo deste estudo é analisar a variabilidade da chuva em várias escalas de tempo da cidade de João Pessoa, investigando as anomalias de precipitação, como também identificar eventos de chuva intensa com ênfase nos casos extremos.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

O estudo da intensidade e duração das precipitações extremas é de grande interesse não só da meteorologia, mas também de áreas afim. Na hidrologia podem-se estudar os efeitos das precipitações intensas na problemática da drenagem pluvial das cidades. Na engenharia civil estudar estes índices de precipitação extrema torna-se importante na construção de pontes, canais de drenagem e também na expansão imobiliária. Os eventos de chuva extrema também podem interferir nas atividades econômicas, especialmente nos países em desenvolvimento, os quais dependem fortemente da agricultura e produção de energia hidrelétrica. Também se pode destacar o turismo como uma atividade que sofre consequências diretas dessas chuvas. Há também um aumento de doenças (a exemplo do aparecimento da leptospirose) em decorrência do não escoamento das águas da chuva em determinados ambientes urbanos.

Parte da variabilidade temporal da precipitação pode ser explicada em escala interanual por padrões climáticos de escala planetária provocados por variações lentas na temperatura da superfície do mar (TSM) no Atlântico e Pacífico Tropical (GRIMM et al., 2000; ANDREOLI e

KAYANO, 2007; KAYANO et al., 2013; BOMBARDI et al., 2013). O El Niño (EN) e o La Niña (LN) são um desses fenômenos de grande escala, caracterizado por anomalias no padrão de temperatura situadas no Oceano Pacífico Tropical.

O El Niño corresponde, basicamente, ao aquecimento anormal das águas do Oceano Pacífico Equatorial entre a costa da América do Sul na altura do Equador e Peru e a costa da Indonésia. O fenômeno oposto ao El Niño é o La Niña, que corresponde ao resfriamento anormal daquelas águas. Nos anos de El Niño há o enfraquecimento dos ventos alísios. Nos anos de La Niña os efeitos climáticos são aproximadamente opostos aos do El Niño e os ventos alísios são mais intensos.

Caso esses fenômenos aconteçam conjuntamente com o Dipolo do Atlântico, pode haver uma variação na precipitação do leste do Nordeste do Brasil. Moura et al. (2009) relacionaram a precipitação do leste do Nordeste Brasileiro (NEB) e a temperatura dos oceanos, a análise mostrou influência do Atlântico e Pacífico sobre as chuvas do setor leste, sendo a correlação do Atlântico maior, principalmente na área do Dipolo. Eles observaram que as anomalias positivas a TSM no Atlântico Tropical sul induzem a precipitação sobre o leste do NEB, enquanto anomalias positivas a TSM no Pacífico inibem a chuva no Leste do NEB.

Os problemas decorrentes das consequências diretas das chuvas apresentam leves variações de região para região, de acordo com as especificidades de cada uma. A definição de limiares de precipitação para a identificação de eventos de chuvas intensas é bastante variável, pois estes valores variam de acordo com as características climáticas do lugar. Higgins et al. (2000), utilizando a precipitação acumulada de três dias em áreas da costa oeste dos Estados Unidos, classificaram como evento de precipitação extrema aqueles acima do percentil 90. Teixeira e Satyamurty (2007) adotaram como critério de seleção de casos de chuvas intensas na Região Sul do Brasil, eventos nos quais a isoieta de 50 mm em 24 h cobrisse uma área de, no mínimo, 10.000 km<sup>2</sup>. Já para a área da Serra do Mar, Teixeira e Satyamurty (2006), utilizando a técnica dos quantis, assumiram que qualquer evento de precipitação cuja chuva acumulada em um dia seja igual ou superior a 50 mm tem caráter extremo. Barreto et al. (2008) identificaram 235 eventos de chuva intensa na cidade de Salvador-BA tendo por base a técnica do percentil, definindo evento de precipitação intensa como aquele em que a precipitação diária fosse igual ou superior 50 mm (percentil 97).

Ainda são poucos os trabalhos realizados com um enfoque local para áreas urbanas do Nordeste, que apresentem índices de precipitações extremas. Neste contexto pode ser citado o estudo de Silva Aragão et al. (2006), Barreto et al. (2008), Santos et al. (2008). Particularmente para a cidade de João Pessoa, Anjos et al. (2006) estudaram duas características fundamentais das chuvas diárias, mais precisamente sua intensidade e frequência e Barreto e Medeiros (2013), estudaram os eventos extremos de chuva com intensidade de 60 mm.

As chuvas que caem sobre a cidade atingem diversas camadas sociais, principalmente pelas situações inusitadas de alagamentos. No entanto, a parte mais atingida é a população que vive em habitações precariamente construídas em áreas de risco, sem infraestrutura de drenagem adequada ou, até mesmo, com sua total inexistência. Assim, conhecer as características dessas chuvas é importante, uma vez que sua intensidade pode resultar em prejuízos econômicos, sociais e ambientais.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

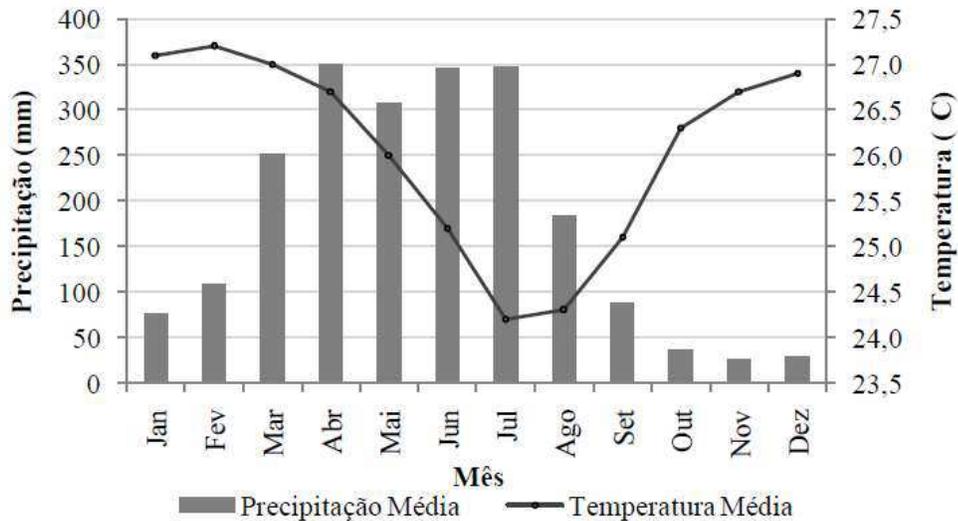
#### **3.1 Características Climáticas da Cidade de João Pessoa**

A área de estudo dessa pesquisa é a cidade de João Pessoa, capital paraibana, localizada no litoral leste do Nordeste do Brasil. No censo de 2010 a contagem foi de 723.515 habitantes. Esse valor representa um aumento de 45% na população, entre os anos de 1991 e 2010 (IBGE, 2010). Esse crescimento acelerou o processo de expansão das áreas urbanas e verticalização, o que resulta na ocupação e uso desordenados do solo, degradação ambiental e criação de áreas de riscos. Assim, o conhecimento de características climatológicas da cidade de João Pessoa é de fundamental importância para o entendimento da variabilidade da precipitação e seus possíveis impactos no aspecto físico e social.

As chuvas em João Pessoa ocorrem durante todo o ano, com total médio anual de 2145,4 mm. Entretanto, elas apresentam maior volume no período de abril a julho. A maior média é a do mês de abril (349,8 mm), seguido pelo mês de junho (346,1 mm) e julho (346,2 mm). Dos valores médios mensais de temperatura do ar o máximo ocorre em fevereiro (27,2°C). O rebaixamento térmico se prolonga entre junho a setembro, com mínimo em julho (24,2°C). Essas

médias climatológicas mensais da temperatura do ar e da precipitação compreendem os períodos de 1961 a 1990, que foram obtidas pelo INMET (Ramos et al., 2009), apresentados na Figura 1.

**Figura 1-** Distribuição mensal da normal climatológica da temperatura do ar e precipitação do período de 1961-1990 da estação climatológica principal de João Pessoa- PB.



Fonte: Ramos et al, (2009).

### 3.2 Dados

Quanto à descrição dos dados, foram utilizados totais diários de precipitação observados na estação climatológica principal do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) em João Pessoa (7°7'S, 34°53'W, 5m), no período de 1961 a 2012. Foram excluídos 8 anos da análise, uns por total ausência de dados e outros por apresentarem alguns meses sem dados diários (1962, 1971, 1972, 1975, 1979, 1980, 1981 e 1982). Os dados foram usados para identificar variações diárias, sazonais e interanuais da chuva em João Pessoa, incluindo a identificação e frequência dos eventos extremos de precipitação. Foi calculado, para cada mês do período, o número de dias com chuva, o número de eventos extremos de precipitação (NEE), a Total Mensal de Chuva ( $x_i$ ), a Média Mensal Climatológica ( $\mu_i$ ) e o Desvio Padrão ( $\sigma_i$ ) que permitiu o cálculo posterior do Desvio Padrão Padronizado (DPP). Também foram utilizados dados horários de chuva observados na estação climatológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) em João Pessoa (7°08'S, 34°51'W, 44m), no período de 2007 a 2011.

### 3.2 Metodologia

Para caracterizar a frequência e a intensidade dos eventos extremos de chuva em João Pessoa, utilizou-se o método do percentil, aplicado aos dados diários de chuva, do período de 1961 a 2012. O percentil emprega a técnica dos Quantis, que teve aplicações ampliadas a partir do pioneiro e importante estudo dessa técnica, o de PINKAYAN (1966) que a usou para avaliar a ocorrência de anos secos e chuvosos sobre extensas áreas continentais sobre os Estados Unidos.

A técnica dos Quantis consiste em organizar a série de dados na ordem crescente que é então dividida em  $n$  partes. Se dividirmos a série em três partes, por exemplo, teremos os quantis de 25%, 50% e 75%. Se a divisão for em 99 partes corresponde ao percentil, assumindo a probabilidade de 1% para cada ordem. Neste trabalho é considerado o percentil de 0,97 para determinar o índice de precipitação extrema, que é determinado da maneira a seguir.

Considere a notação  $P_{[(n)x(p)]+}$ , onde  $n$  é o total de valores da série,  $p$  o percentil em decimais e  $[(n)x(p)]$  a **posição** daquele valor após os dados terem sido ordenados de **modo crescente**, de forma que  $P_{[(n)x(p)]+}$  é o ponto percentílico do percentil desejado. Se a posição **np** não é um número inteiro, então  $P_{[(n)x(p)]+}$  é o valor da observação que ocupa a posição seguinte, e se **np** é inteiro, então  $P_{[(n)x(p)]+}$  é o valor da média desta e da observação seguinte.

Para estudar a variabilidade mensal da precipitação e identificar os desvios em relação à climatologia, a princípio, foram obtidos os totais mensais de precipitação ( $x_i$ ) para cada ano, para então calcular a Média Mensal Climatológica ( $\mu_i$ ) da série

$$\mu_i = \sum_{j=1}^n \frac{x_{ij}}{n} \quad (1)$$

na qual  $i=1, 2, 3, \dots, 12$  identifica o mês e  $j=1,2,3, \dots, n$  identifica o ano.

O Desvio Padrão Mensal ( $\sigma_i$ ), que permite a observação da variação dos dados em relação à média aritmética da série, foi calculado considerando um grau de liberdade ( $n-1$ ), recomendado para uma série de dados superior a 30 anos:

$$\sigma_i = \sqrt{\sum_{j=1}^n \frac{(x_{ij} - \mu_i)^2}{n - 1}} \quad (2)$$

Usando a equação (1) e (2) foi calculado o Desvio Padronizado de Precipitação Mensal ( $DPP_{ij}$ ), que permite alocar os dados em classes positivas e negativas, fornecendo informações quanto à magnitude da anomalia.  $DPP_{ij}$  negativo (positivo) indica que a chuva acumulada num determinado mês esteve abaixo (acima) da média mensal do período. O  $DPP_{ij}$  (doravante denominado DPP ou DPPs) é dado por

$$DPP_{ij} = \left( \frac{x_{ij} - \mu_i}{\sigma_i} \right) \quad (3)$$

na qual  $i = 1, 2, 3, \dots, 12$  identifica o mês e  $j = 1, 2, 3, \dots$  identifica o ano.

Os DPPs foram utilizados para investigar a existência de influência dos eventos El Niño e La Niña, nas precipitações pluviométricas de João Pessoa-PB. Esses DPPs foram analisados apenas para os anos de ocorrências desses fenômenos. Esses anos foram obtidos junto ao Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, pelo site <http://www.cptec.inpe.br/>. Como podemos observar no Quadro 1, os eventos El Niño (EN) e La Niña (LN) são classificados, quanto a sua intensidade, em três categorias: Forte (F), Moderado (M) e Fraco (FR).

**Quadro 1-** Ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña para o período de 1961-2012, de intensidades: Forte (F), Moderado (M) e Fraco (FR). (Fonte: Adaptado do CPTEC).

Ocorrência de El Niño		Ocorrência de La Niña	
1965-1966 (M)	1990-1993 (F)	1964-1965 (M)	1988-1989 (F)
1968-1970 (M)	1994-1995 (M)	1970-1971 (M)	1995-1996 (FR)
1972-1973 (F)	1997-1998 (F)	1973-1976 (F)	1998-2001 (M)
1976-1977 (FR)	2002-2003 (M)	1983-1984 (FR)	2007-2008 (F)
1977-1978 (FR)	2004-2005 (M)	1984-1985 (FR)	-
1979-1980 (FR)	2006-2007 (M)	-	-
1982-1983 (F)	2009-2010 (M)	-	-
1986-1988 (M)	-	-	-
<b>Total: 15 Eventos</b>		<b>Total: 09 Eventos</b>	

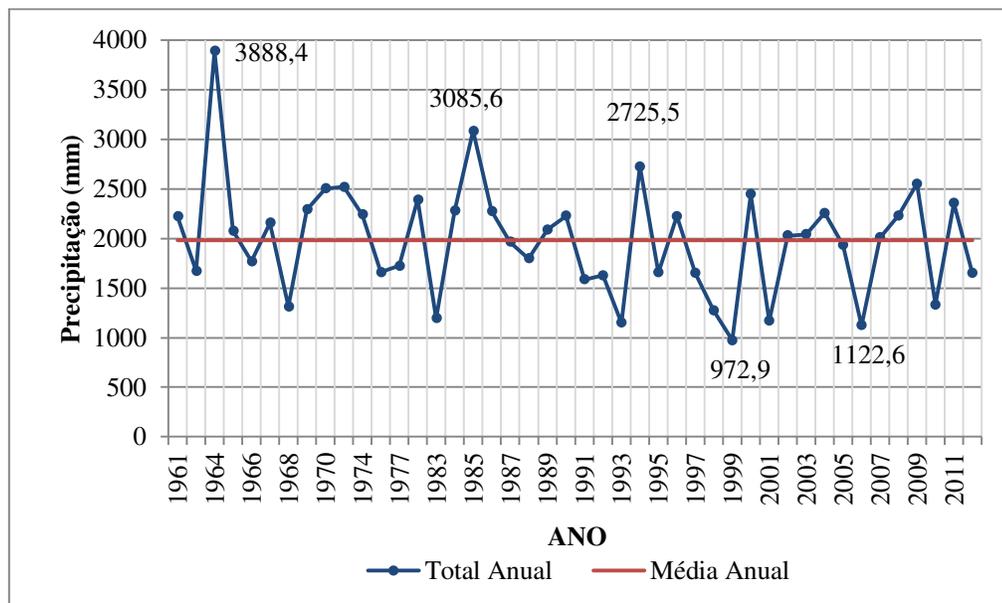
Normalmente, esses fenômenos têm início nos meses de maio ou junho e atingem seus picos em dezembro e janeiro, mesmo assim são classificados pelo ano em que se inicia. Daí, certo ano pode aparecer com ocorrência dos dois eventos, a exemplo do ano de 1970. Dos eventos de forte intensidade foram registrados quatro EN entre os anos de 1972-1973, 1982-1983, 1990-1993 e 1997-1998. Já os LN entre os anos de 1973-1976, 1988-1989 e 2007-2008.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Variabilidade Anual da Precipitação

A distribuição anual da precipitação para o período dos 44 anos em estudo está representada na Figura 2. O valor médio anual da precipitação de João Pessoa é de 1984,8 mm, indicado pela linha vermelha. A figura destaca três picos máximos de chuva. O valor máximo anual foi no ano de 1964, com 3888,4 mm de chuva. Esse valor representa quase o dobro do valor anual esperado. Em seguida foi o ano de 1985 (3085,6 mm). Os episódios de La Niña registrados nesses anos podem ter contribuído para esses valores elevados. Outro valor foi no ano de 1994, com máximo de chuva de 2725,5 mm, embora os registros mostrem ocorrência de El Niño de intensidade moderada nesse ano.

**Figura 2-** Distribuição do total anual de precipitação e média climatológica do período 1961-2012 da estação de João Pessoa/PB.



O menor total anual de precipitação foi registrado em 1999 (972,9 mm), ano de La Niña de intensidade moderada, e em 2006 (1122,6 mm), ano de El Niño, considerado de fraca intensidade. Esse total representou uma redução na chuva anual de 51% e 43%, respectivamente, do valor esperado.

Para investigar a influência de eventos El Niños (EN) e La Niña (LN) na precipitação de João Pessoa, foi utilizado o método estatístico do Desvio Padronizado de Precipitação (DPP), que permitiu alocar os dados em classes positivas e negativas, fornecendo informações quanto à magnitude da anomalia da precipitação mensal. Os DPP apresentam valores negativos e positivos, que variam de -1,7 (abril de 1998) a 3,7 (agosto de 1970), como mostra a Figura 3.

Na Figura 3a, os anos de 1961, 1963, 1965-1970 apresentam de 7 a 9 casos, em cada ano, com DPP negativo (62 meses). No período de 1961-1970, o ano de 1964 (ano de LN) é o único que apresenta o maior número de DPP positivos (10 meses), dentre eles 5 deles apresentam  $DPP > 2$ . É também o ano com o maior total anual pluviométrico de todo o período em estudo. Em particular, o ano de 1970 é um ano de transição entre os dois fenômenos, o final de um evento EN e início de um LN. Apesar de apresentar 8 meses com DPP negativo, também apresenta o maior valor de DPP da série (3,7), esse valor ocorre no mês de agosto que tem um total mensal de precipitação de 536,4 mm, enquanto que o valor esperado para esse mês é de 183,5 mm.

Ainda na Figura 3a, dos 6 anos em que se registrou ocorrência de El Niño, 1963, 1965-1966 e 1968-1970, apenas em 3 deles houve redução nos totais anuais de precipitação em relação a média climatológica. No ano de 1963 com redução em torno de 15%, 1966 em torno de 10% e 1968 com redução de 34%.

Na Figura 3b estão representados os DPP do período de 1973 a 1989. Apesar dos anos de 1973-1974-1976 ter registro de ocorrência de eventos LN de intensidade F, o predomínio é de DPP negativos (21 meses). Dentre os 15 meses com DPP positivo, 7 deles são maiores que 1,5. Apenas o ano de 1976 (final de LN e início de EN) teve redução nos totais anuais de chuva (16%). Já para 1984 e 1985 (anos de LN) há predominância de DPP positivos. O mês de março de 1985 tem  $DPP > 3,5$ , esse mês apresentou um total mensal de 654,7 mm, enquanto o valor esperado para o mês de março é de 252,2 mm. A chuva máxima anual desse ano esteve associada à ocorrência paralela do fenômeno La Niña com o Dipolo Negativo do Atlântico (XAVIER, 2001; FERREIRA e MELLO, 2005 e LUCENA et al., 2011).

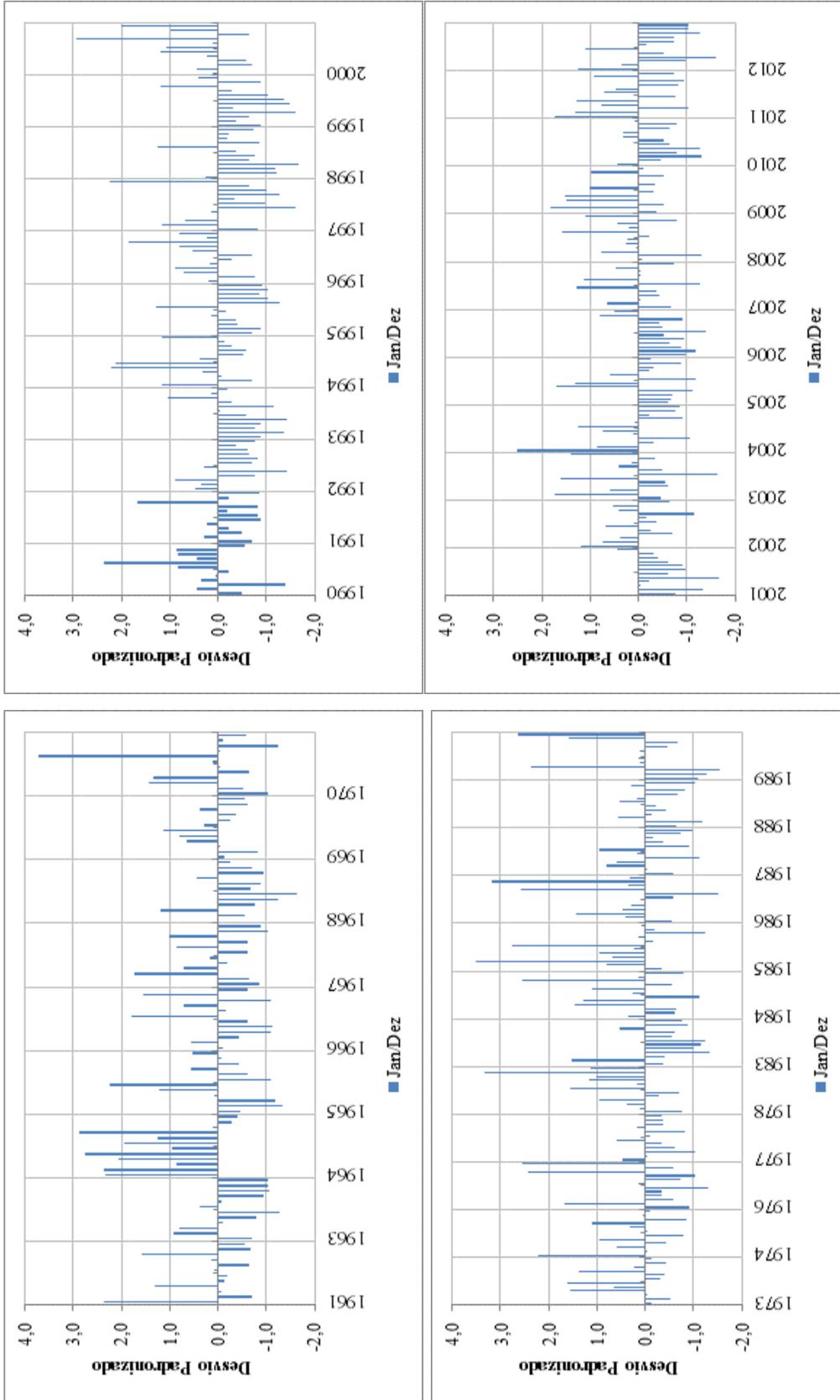
No ano de 1989 (LN F) predominam DPP positivos, em destaque os meses de abril ( $>2,4$ ) com 680,8 mm e dezembro ( $>2,6$ ) com 98,5mm. Ainda na Figura 3b, dentre os 8 anos em períodos de EN, 1976-1977 (EN FR), 1983 (EN F) e 1988 (EN M) apresentam de 8 a 10 meses com DPP negativos e totais anuais abaixo da média.

Na Figura 3c, os anos se diferenciam pelas intensidades dos eventos EN e LN tais como: 1990-1993 (EN F), 1994-1995 (EN M), 1995-1996 (LN fraca), 1997-1998 (EN F), 1998-2000 (LN M). Nos anos de EN com F intensidade, predominam os DPP negativos. Os seus totais anuais de precipitação ficaram abaixo da média, com redução em torno de 20% a 42%. Nos anos de LN, apenas 1996 e 2000 há predominância de DPP positivos. Eles também apresentam totais anuais de chuva um pouco acima da média. Em destaque o ano de 1999 (LN M) com 10 meses de DPP negativos, o que significa meses com chuva abaixo da média e uma redução no valor anual de precipitação (em torno de 50%).

Os valores de DPP referentes aos anos compreendidos entre 2001 a 2012 estão representados na Figura 3d. Foram registrados eventos de EN e LN nos seguintes anos: 2001 (LN F), 2002-2003 (EN M), 2004-2007 (EN FR), 2007-2008 (LN F) e 2009-2010 (EN FR). Embora, o LN de 2001 seja considerado um evento de F intensidade, observa-se 11 meses com DPP negativos e o mês de dezembro com DPP positivo ( $>0,5$ ), a chuva acumulada nesse ano representa apenas 59% do valor esperado. Já no ano de 2008 com evento LN de F intensidade, os meses de março a novembro apresentam uma sequência de valores de DPP positivos, exceto em julho onde o valor foi menor que -0,2. Nos anos de EN, apenas os que apresentaram fraca intensidade, 2005, 2006 e 2010, foi observado redução nos totais anuais de chuva, predominando os DPP negativos, com 9, 10 e 8 meses, respectivamente.

Os resultados apresentados nessa seção não apontam uma evidência significativa da influência dos fenômenos EN e LN sobre a variabilidade da chuva na cidade de João Pessoa. Porém, alguns estudos já confirmaram que a variabilidade da precipitação, no litoral leste no NE, tem relação com os fenômenos estudados, quando o EN ou o LN ocorre simultaneamente com o Dipolo do Oceano Atlântico (ANDREOLI e KAYANO, 2007; MOURA et al., 2009).

**Figura 3-** Desvio Padronizado de Precipitação (DPP) em João Pessoa-PB: (a) do período 1961-1970; (b) do período 1973-1989; (c) do período de 1990-2000 e (d) do período 2001- 2012



Observando os dados da Tabela 1, nota-se que os DPP negativos predominam tanto na época dos El Niño (62,04%) quanto na dos La Niña (56,37%), o que significa predominâncias de meses com chuva abaixo da média em relação aos meses mais chuvosos.

**Tabela 1-** Valores percentuais do número de Desvio Padronizado de Precipitação (DPP) para períodos de El Niño (EN) e La Niña (LN), de 1961 a 2012.

Meses	El Niño		La Niña	
	DPP<0 (%)	DPP>0 (%)	DPP<0 (%)	DPP>0 (%)
Janeiro	74,07	25,93	70,59	29,41
Fevereiro	55,56	44,44	70,59	29,41
Março	66,67	33,33	64,71	35,29
Abril	59,26	40,74	47,06	52,94
Mai	59,26	40,74	41,18	58,82
Junho	55,56	44,44	52,94	47,06
Julho	55,56	44,44	52,94	47,06
Agosto	66,67	33,33	41,18	58,82
Setembro	59,26	40,74	58,82	41,18
Outubro	62,96	37,04	58,82	41,18
Novembro	62,96	37,04	64,71	35,29
Dezembro	66,67	33,33	52,94	47,06
<b>TOTAL MÉDIO</b>	<b>62,04%</b>	<b>37,96%</b>	<b>56,37%</b>	<b>43,63%</b>

No Período de EN, para meses com DPP > 0, observa-se uma diminuição da precipitação a partir de agosto, atingindo seu mínimo em janeiro (25,93%), se estendendo até março, exceto por fevereiro que apresenta 44,44% dos casos de DPP>0. Para os anos de LN, observa-se um aumento na precipitação no período de abril a agosto. Ressaltasse que este intervalo compreende os meses do quadrimestre chuvoso de João Pessoa (BARRETO & MEDEIROS, 2013).

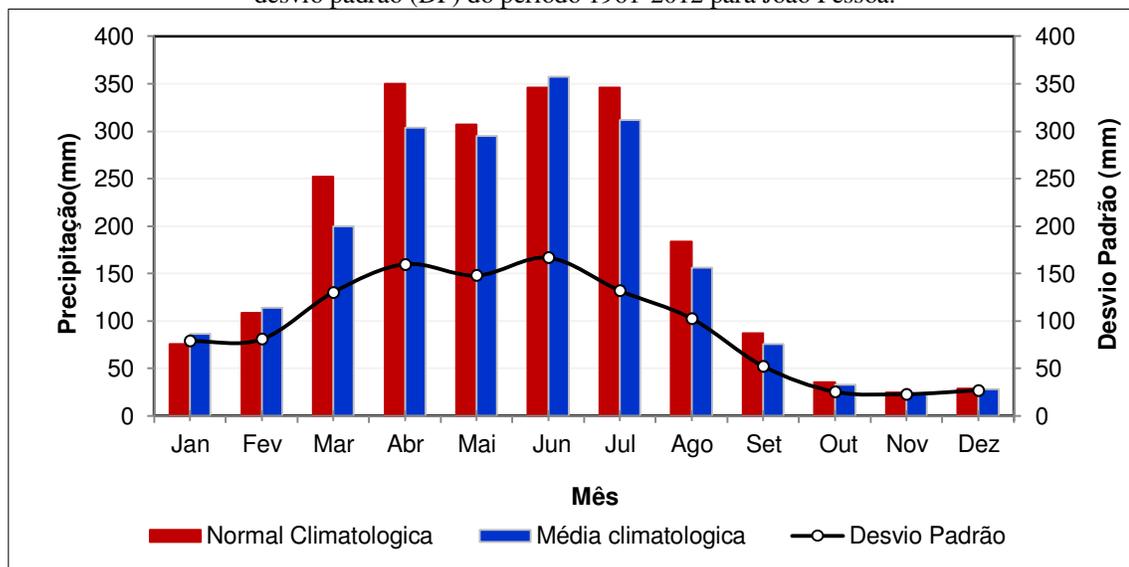
#### **4.2 Variabilidade Mensal, Diária e Horária da Precipitação.**

Quanto à variabilidade mensal da precipitação em João Pessoa, a Figura 4 ilustra as normais mensais do período 1961-1990 (RAMOS et al., 2009); as médias mensais e os desvios padrões de precipitação para o período 1961-2012. Os máximos dessas médias mensais são

observados no quadrimestre de abril a julho, esse quadrimestre apresenta uma precipitação média mensal que varia de 295,1 mm (mês de maio) a 357,7 mm (mês de junho) representando 64 % (1268,1 mm) do total anual das chuvas na cidade. Alguns autores também identificaram esses meses de abril a julho como o quadrimestre chuvoso de regiões localizadas no litoral leste do Nordeste (BARRETO e MEDEIROS, 2013; BARRETO et al., 2008; RAO et al., 1993).

Na figura 4 mostra ainda que o período de setembro a fevereiro corresponde aos meses com ocorrência de poucas chuvas. Nos meses de outubro, novembro, dezembro e janeiro, o desvio padrão observa-se valores muito próximos da média o que representa uma maior variabilidade entre os valores mensais da série, indicando a ocorrência de chuvas atípicas nesses meses, a exemplo de chuvas muito acima da média como: outubro de 1984 (97,8 mm), novembro de 1978 (99,8 mm), dezembro de 1989 (98,5 mm) e Janeiro de 2004 (283,7 mm).

**Figura 4-** Distribuição mensal da normal climatológica da precipitação (1961-1990) e da precipitação média e desvio padrão (DP) do período 1961-2012 para João Pessoa.

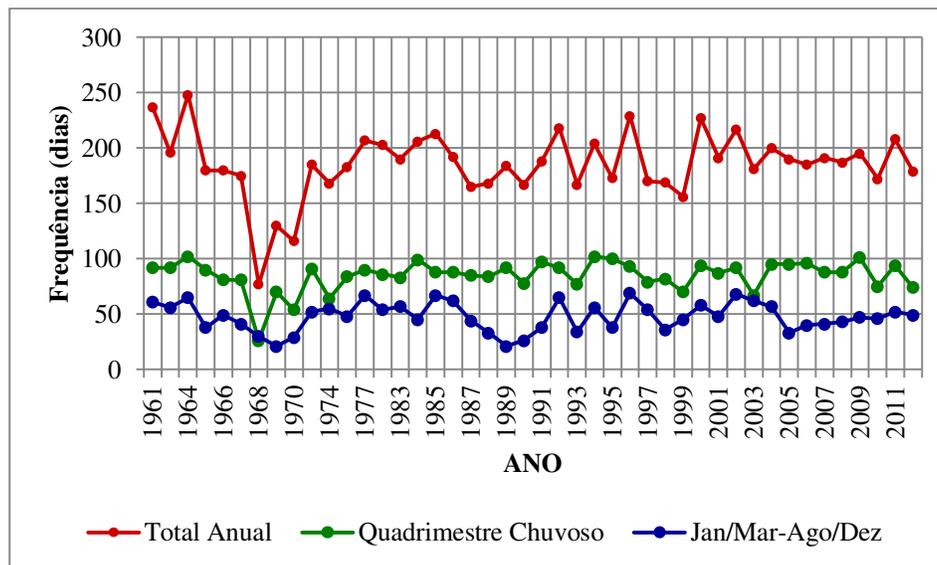


A Figura 5 apresenta a frequência de dias com chuva considerando três períodos: a frequência anual, a do quadrimestre chuvoso e também a frequência do trimestre de janeiro/março somada a dos meses de agosto/dezembro.

A frequência do número de dias com chuva de toda a série temporal em estudo é de 8167 dias; o valor máximo do número de dias com chuva ocorreu no ano de 1964 (248 dias) e o mínimo em 1968 (77 dias). Em relação a maior frequência na escala mensal do número de dias com chuvas da série está representada no quadrimestre chuvoso, nos meses de abril a julho. O

valor máximo do número de dias com chuva é visto nos meses de junho e julho (não mostrado), ressalta-se que no mês de julho de 1964, choveu todos os dias. É importante destacar que a frequência do quadrimestre chuvoso é sempre superior a dos meses de janeiro/dezembro e agosto/dezembro (soma dos oito meses), exceto no ano de 1968.

**Figura 5-** Frequência mensal do número de dias com chuva em João Pessoa (1961-2012) para o período anual, no quadrimestre chuvoso e nos meses de Janeiro/março-agosto/dezembro.



A partir dos dados de frequência do número de dias com chuva, foi construída uma nova série com dados diários de precipitação dos dias efetivamente com chuvas. A esses dados foram aplicados a técnica do percentil, que permitiu identificar um total de 247 eventos extremos de precipitação (total diário igual ou maior do que 60 mm). A Figura 6 mostra o número de eventos extremos de chuva observados em cada ano do período em estudo e no quadrimestre chuvoso. Mostra também o total de eventos dos meses de janeiro a março juntamente com os de agosto a setembro. Já nos meses de outubro, novembro e dezembro não foram observados ocorrências desses eventos extremos de chuva.

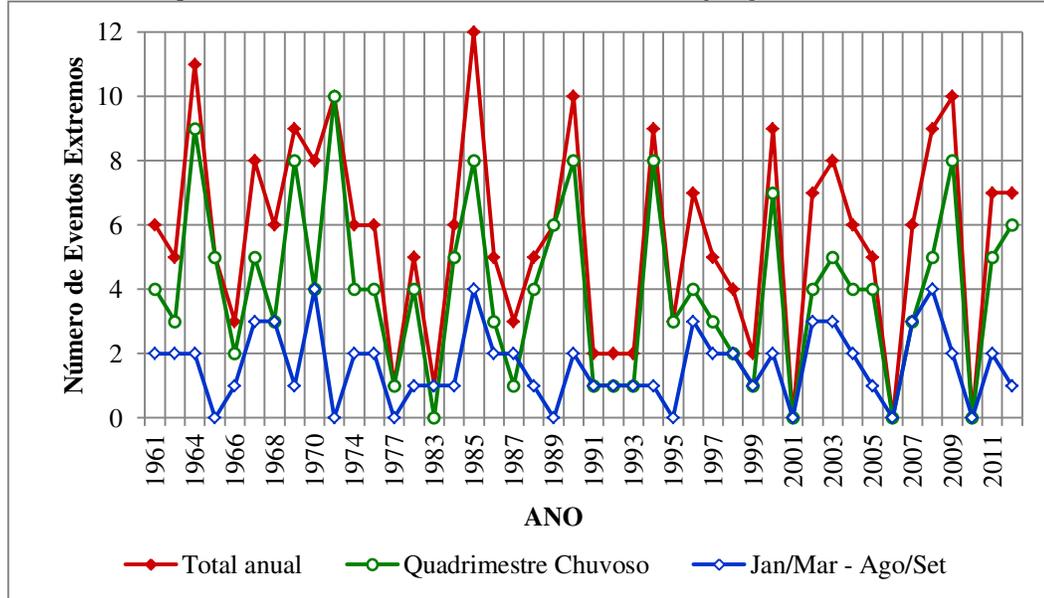
O máximo de eventos extremos é visto no ano de 1985 com 12 eventos, seguido do ano de 1964 com 11 eventos. Como já descrito na Figura 2, estes seriam os dois anos com maior total anual de precipitação. Além desses, é possível observar que outros anos com totais elevados de chuva anual tais como 1973, 1990 e 2009 também apresentam número máximo de eventos, 10 eventos. Os meses que contribuem com esses máximos anuais é o quadrimestre chuvoso que

destacam-se por apresentar o maior número de eventos em relação aos outros meses, exceto no ano de 1983 em que não foi visto nenhum evento extremo de chuva no quadrimestre chuvoso e apenas 1 evento nos meses de Janeiro/março-agosto/setembro.

Os anos de 1977 e 1983 tiveram apenas um evento extremo durante todo o ano.

Nos anos de 2001, 2006 e 2010 não foi observado nenhum evento extremo de precipitação, e nesses anos choveu de 7 a 10 meses abaixo da média (figura 6), o que implica uma redução no total anual da chuva. Esse resultado indica uma relação direta entre a ocorrência de eventos intensos de precipitação e a magnitude e sinal do DPP.

**Figura 6-** Frequência mensal do número de eventos extremos de chuva no período em estudo (1961-2012) no período anual, no quadrimestre chuvoso e nos meses de Janeiro/março-agosto/setembro em João Pessoa.



A frequência mensal dos eventos extremos de precipitação, igual ou superior a 60 mm, por intervalos de classe de 20 mm é ilustrada no Quadro 2. Nos meses de abril, maio, junho e julho, ocorreram 176 eventos extremos de chuva, com valores de 48, 43, 44 e 41, respectivamente. Esses eventos do quadrimestre chuvoso equivalem a 71% de todos os eventos da série temporal em estudo. Fora do quadrimestre chuvoso é importante destacar o mês de março por apresentar 33 eventos extremos, entretanto os meses de outubro, novembro e dezembro não apresentaram nenhum evento. Em outubro de 1961 choveu quase três vezes mais que a média, e não se observou a ocorrência de nenhum evento extremo de chuva. O mesmo aconteceu para janeiro, agosto e setembro de 1964.

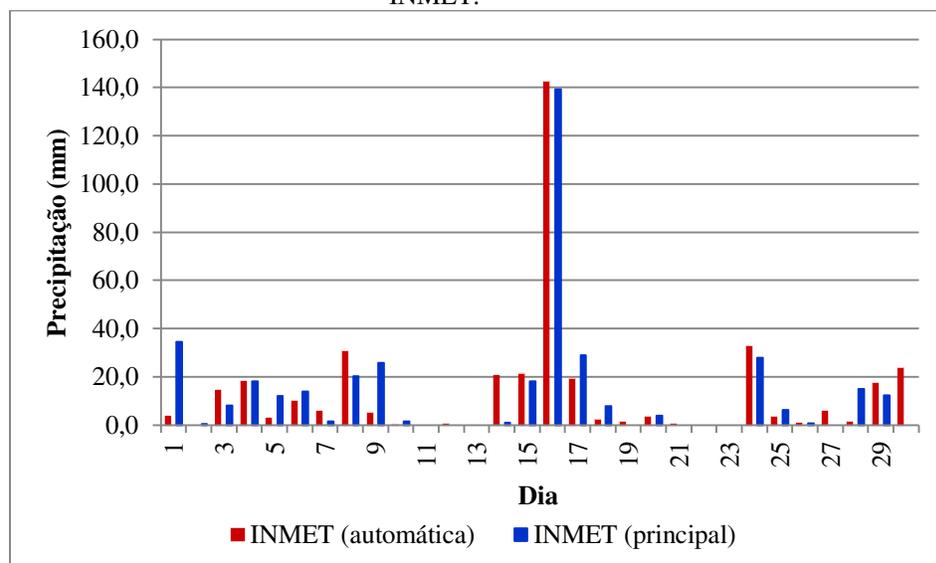
A classe 1 é a que apresenta frequências mais altas, 127 eventos. Em seguida a classe 2 com 59 eventos. Já a classe 3 totaliza 28 ocorrências, enquanto que a classe 4 acumulou 18 eventos e por fim foram registrados 15 eventos inseridos na classe > 140 mm. Vale ressaltar que o valor máximo da classe 5 ocorreu no dia 18 de junho de 1986 com valor de 194 mm.

**Quadro 2-** Frequência mensal dos eventos extremos de precipitação, igual ou superior a 60 mm, por intervalos de classe de 20 mm.

CLASSES/ (Eventos em mm)		MESES												
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1	60-80	5	8	23	23	24	15	21	6	2	0	0	0	127
2	80-100	3	4	7	11	10	9	12	3	0	0	0	0	59
3	100-120	0	3	3	4	3	11	2	2	0	0	0	0	28
4	120-140	0	0	1	6	3	6	2	0	0	0	0	0	18
5	> 140	0	0	0	4	3	3	4	1	0	0	0	0	15
<b>Total</b>		8	15	34	48	43	44	41	12	2	0	0	0	247

Dentre os vários episódios de chuva intensa ocorridos na cidade João Pessoa, o que aconteceu no dia 16 de junho de 2008 destacou-se pela intensidade e volume das chuvas observadas nas duas estações meteorológicas existentes na cidade. A Figura 7 ilustra que no dia 16 foram registrados 139,2 mm em apenas 24 horas na estação principal do INMET, valor esse que representa 40% da normal do mês que é de 346,1 mm. Registro feito em outro ponto da cidade indicou volume de chuva de 142,4 mm.

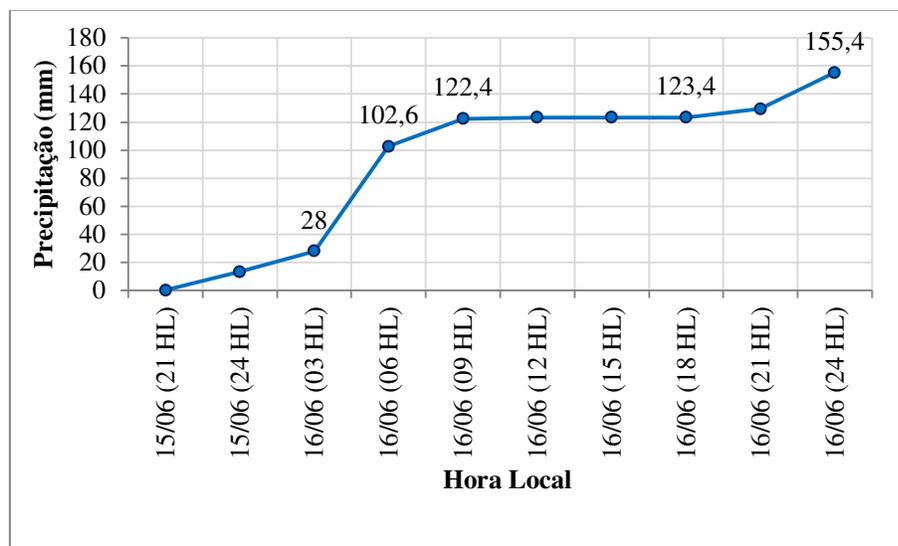
**Figura 7-** Totais diários de precipitação (mm) para o mês de junho de 2008 nas duas estações meteorológicas do INMET.



No gráfico da precipitação acumulada registrada pela estação automática do INMET (Fig. 8) é possível verificar que a chuva começa às 21HL do dia 15 e se prolonga lentamente até às 03 HL do dia 16, quando são registrados 28 mm. A chuva intensa começa as 03 HL e cessa às 09 HL, totalizando nessas últimas 6 horas mais de 94,4 mm de chuva. No período da tarde a chuva é muito fraca ou quase inexistente, voltando a intensificar no final da noite.

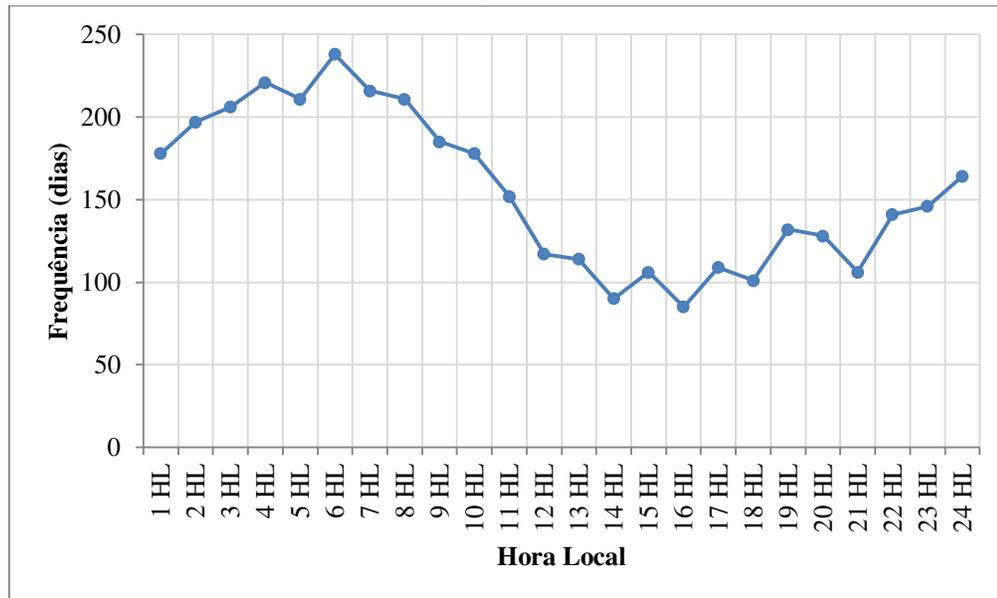
É importante mencionar que o mês de junho é o período mais chuvoso do leste da Região Nordeste. Essa intensidade de chuva pode ser explicada pelo fato que, entre os dias 15 e 16, houve a formação de nebulosidade estratiforme no leste do Nordeste, decorrente da intensificação do anticiclone subtropical (CLIMANÁLISE, 2008).

**Figura 8-** Precipitação acumulada (mm) registrada pela estação automática do INMET no período de 21 HL do dia 15 às 24 HL do dia 16 de junho de 2008.



Esse ciclo diário da precipitação de João Pessoa se confirma ao estudar a frequência horária da chuva (dias) para o período de agosto de 2007 a dezembro de 2011, ilustrado na Figura 9. A frequência é mínima no período da tarde, contudo no início da noite, a frequência aumenta até atingir o máximo às 6 HL, abrangendo o intervalo 23–11 hora local (HL). Esse ciclo diário evidencia a importância da circulação de brisa terrestre, que dirigem-se de terra para o mar, no regime de chuva da cidade de João Pessoa. Uma indicação desse período preferencial de chuva no litoral leste do Nordeste foi dada por Kousky (1980). Ele determinou que a maior parte da chuva (acima de 50%) ocorre no intervalo 21–09 HL.

**Figura 9-** Série temporal da frequência horária da chuva (dias) para o período de agosto de 2007 a dezembro de 2011.



## 5. CONCLUSÃO

No estudo da variabilidade anual observou-se que a distribuição da precipitação, do período em estudo, apresentou valor médio anual da precipitação de 1984,8 mm. A análise do Desvio Padronizado de Precipitação (DPP), usados para investigar a influência de eventos El Niños (EN) e La Niña (LN) na precipitação, mostrou que os DPP negativos predominam tanto na época dos El Niños quanto na dos La Niñas, porém essa diminuição da chuva é mais acentuada nos anos de El Niños (62,04%). Este resultado não permite inferir se há uma evidência significativa da influência desses fenômenos sobre a variabilidade da chuva na cidade de João Pessoa e exige mais investigação para ser melhor compreendido, como estudar as ocorrências desses fenômenos em paralelos as do Dipolo do Oceano Atlântico.

Na variabilidade mensal destaca-se os meses de abril a julho onde ocorrem: os picos máximos das médias mensais de precipitação (quadrimestre chuvoso), a frequência máxima do número de dias com chuvas e o número máximo de eventos extremos. A técnica do percentil classificou como eventos extremos os totais diários maiores do que o percentil  $p = 97$  identificou 247 eventos, dentre eles, 176 nos meses de abril a julho.

No ciclo diário da precipitação, evidencia-se a importância da circulação de brisa terrestre no regime de chuva da cidade de João Pessoa, que favorece a precipitação do período noturno ao início da manhã. Os resultados mostram que a frequência é mínima no período da tarde. No início da noite, a frequência aumenta até atingir o máximo às 6 HL, abrangendo o intervalo 23–11HL.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANJOS, B. L., COSTA, A. M., ANJOS, D. L. Chuvas diárias em João Pessoa. Uma contribuição para a defesa civil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 14., 2006. Florianópolis-RS.
- ANDREOLI, R. V.; KAYANO, M. T. A importância relativa do atlântico tropical sul e pacífico leste na variabilidade de precipitação do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.22, n.1, p.63-74, 2007.
- BARRETO, A. B.; SILVA ARAGÃO, M. R.; CORREIA, M. F.; SANTOS, A. H. M. Uma investigação sobre eventos de chuva intensa na cidade de Salvador, Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 15., 2008. **Anais...** SÃO PAULO. 1 CD. 2008.
- BARRETO, A. B.; MEDEIROS, B. C. Investigação da variabilidade da precipitação em João Pessoa e os eventos extremos de chuva. In: XX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2013.
- BOLETIM AGROCLIMATOLÓGICO MENSAL DE JUNHO – 2012. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br>> Acesso em: 30 jan 2015.
- BOMBARDI, R.J, CARVALHO, L.M.V, JONES, C. and REBOITA M.S. Precipitation over Eastern South America and the South Atlantic Sea Surface Temperature during Neutral ENSO Periods. **Climate Dynamics**, v.42, p. 1553-1568. 2013.
- Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC). Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/>> Acesso em: 10 jan 2015.
- CLIMANÁLISE-Boletim de Monitoramento e Análise Climática- INPE/CPTEC, v.23, n.6. São José dos Campos-SP, Brasil. 2008.
- FERREIRA, A. G; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influencia dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.1, n.1, p.15-18, 2005.
- GRIMM, A. M.; BARROS, V. B.; MOIRA E. DOYLE: Climate Variability in Southern South America Associated with El Niño and La Niña Events. **J. Climate**, v.13, p.35–58. 2000.

HIGGINS, R. W., J.-K. E. SCHEMM, W. SHI, LEETMAA. A. Extreme Precipitation Events in the Western United States Related to Tropical Forcing. *Journal of Climate*, v. 13, p. 793–820, 2000.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – 2010.

JACOBI, P. **Dilemas socioambientais na gestão metropolitana: do risco à busca da sustentabilidade urbana. Política & Trabalho**, João Pessoa: UFPB, Mestrado em Ciências Sociais, n.25, p.115-134, out. 2006.

KAYANO, M. T., ANDREOLI, R. V. e FERREIRA DE SOUZA, R. A. Relations between ENSO and the South Atlantic SST modes and their effects on the South American rainfall. **Int. J. Climatology**, v. 33, p.2008–2023, 2013.

KOUSKY, V.E. Diurnal Rainfall Variation in Northeast Brazil. **Monthly Weather Review**, v. 108, p. 488-498, 1980.

LUCENA, D. B., GOMES FILHO, M. F., SERVAIN, J. Avaliação do impacto de eventos climáticos extremos nos oceanos Pacíficos e Atlântico sobre a estação chuvosa do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.26, n.2, p.297-312, 2011.

MOURA, G. B. A.; ARAGÃO, J. O. R.; MELO, J. S. P.; SILVA, A. P. N.; GIONGO, P. R.; LACERDA, F. F. Relação entre a precipitação do leste do Nordeste do Brasil e a temperatura dos oceanos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 462-469, 2009.

PINKAYAN, S. **Conditional probabilities of occurrence of wet and dry years over a large continental area**. Boulder-CO: Colorado State University, 1966. (Hydrology Papers, 12).

RAMOS, A. M., SANTOS, L. A. R.; FS, L. T. G. (ORG.). **Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990**. Brasília: INMET, 2009.

RAO, V.B., LIMA, M.C., FRANCHITO, S.H. Seasonal and Interannual Variations of Rainfall over Eastern Northeast Brazil. **Journal of Climate**, v. 6, p.1754 –1763, 1993.

SANTOS, A. H. M; SILVA ARAGÃO, M. F; BARRETO, A. B. Chuvas intensas na cidade de Salvador, Bahia: o evento de novembro de 2006. CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 15., 2008. Anais... São Paulo. 1 CD. 2008.

SILVA ARAGÃO, M.R., BARRETO, A.B., ARAÚJO, H.A., CORREIA, M.F. Desastres Naturais na Cidade do Salvador, Bahia: Evento Chuvoso Extremo em Junho de 2006. XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, Florianópolis-RS. 2006.

TEIXEIRA, M. S.; SATYAMURTY. P. Eventos extremos de precipitação na região da Serra do Mar. Parte I – Descrição estatística da precipitação diária. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 14., 2006. Florianópolis-RS. 2006.

TEIXEIRA, M. S.; SATYAMURTY, P. Dynamical and synoptic characteristics of heavy rainfall episodes in southern Brazil. **Monthly Weather Review**, v. 135, p. 598-617, 2007.

XAVIER, T. DE MA. B. S. **Tempo de Chuva- estudos climáticos e de previsão para o Ceará e o Nordeste Setentrional**. Fortaleza: ABC Editora, 2001. 478p.