

## **AValiação QUANTITATIVA DAS PRECIPITAÇÕES DIÁRIAS INTENSAS NA CIDADE DE JOÃO PESSOA, PARAÍBA.**

Michael Douglas Barbosa Pereira  
Departamento de Geociências/UFPB  
michaell.geo@hotmail.com

Diego Cezar da Silva Monteiro  
Departamento de Geociências/UFPB  
diegomonteiro@hotmail.com

Natieli Tenório da Silva  
Departamento de Geociências/UFPB  
natielitenorio@hotmail.com

Marcelo de Oliveira Moura  
Departamento de Geociências/UFPB  
geommoura@yahoo.com.br

### **EVENTOS EXTREMOS E IMPACTOS HIDROMETEOROLÓGICOS**

#### **Resumo**

Este artigo tem o objetivo de quantificar as ocorrências de precipitações diárias intensas iguais ou superiores a 60 mm, em um recorte temporal de 1981-2009 na cidade de João Pessoa-PB. O trabalho considera as ideias de Monteiro (1976, 2003) sobre o clima das cidades na perspectiva do Subsistema Hidrometeorológico do S.C.U. Com relação aos procedimentos metodológicos houve primeiramente um levantamento bibliográfico introdutório acerca da temática, seguido da coleta e sistematização do banco de dados disponibilizados pela Estação Meteorológica de João Pessoa, posteriormente ocorreu a tabulação e análise das precipitações diárias intensas sob a forma gráfica. Os resultados revelaram que há um aumento das ocorrências de eventos pluviiais intensos diários, na medida em que também ocorre um aumento dos totais da precipitação anual. Observou-se que os eventos pluviiais diários intensos se deram de forma crescente nas décadas da série, com registros de 38 eventos no decênio 1980, 45 eventos na década de 1990 e por fim 60 eventos nos anos 2000.

**Palavras-chave:** Precipitação Diária, Eventos Intensos, João Pessoa.

#### **Abstract**

This article aims to quantify the occurrences of precipitation daily intense rainfall greater than or equal to 60 mm, in a time of 1981-2009 in the city of João Pessoa. The work considers the ideas of Monteiro (1976, 2003) on the weather of cities in perspective Subsystem Hidrometeorológico the S.C.U. Regarding the procedures of the study was primarily an introductory literature about the theme, followed by collection and systematization of the database provided by the Meteorological Station of João Pessoa, subsequently occurred tabulation and analysis of precipitation daily intense rainfall in graphical form. The results revealed that there is an increase in the occurrence of intense rainfall events daily in that it also occurs an increase in total annual precipitation. It was observed that the daily intense rainfall events made themselves increasingly in the decades of the series, with records of 38 events in the decade 1980, 45 events in the 1990s and finally 60 events in 2000.

**Keywords:** daily precipitation, Intense Events, João Pessoa.

## Introdução

A cidade de João Pessoa, localizada na faixa litorânea do Estado da Paraíba, na Região Nordeste do Brasil (Figura 1), tem passado nas duas últimas décadas por um acentuado processo de urbanização e verticalização. Tal processo tem contribuído para a descaracterização e degradação do meio natural físico, como a subtração das áreas verdes e a impermeabilização dos solos, essa situação tem contribuído para o aumento das inundações urbanas em João Pessoa e, por conseguinte o aumento de riscos, sobretudo para àquelas populações residentes em territórios de maior vulnerabilidade socioambiental da cidade.

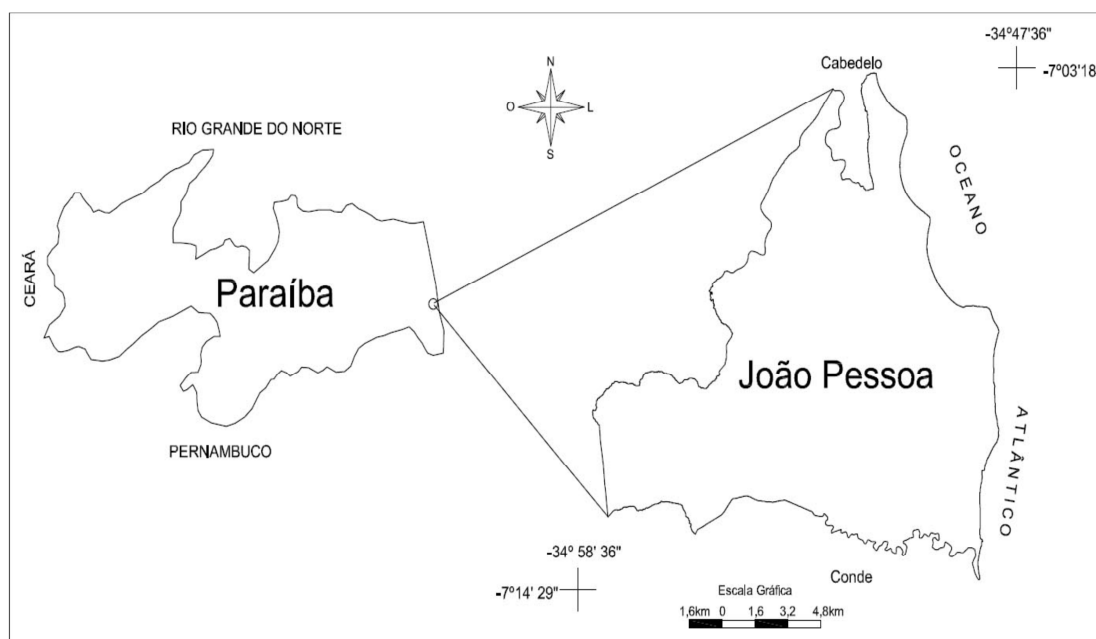


Figura 1- Localização da cidade de João Pessoa, Paraíba.

Fonte: Meneses, 2007.

Os fenômenos naturais relacionados ao clima, principalmente quando se apresentam como eventos extremos, geram nas sociedades inúmeros problemas, muitos dos quais de caráter catastrófico, repercutindo negativamente na qualidade de vida das populações (ZANELLA ET AL, 2009). Nos últimos anos as inundações em João Pessoa têm ganhado cada vez mais repercussão devido à expansão urbana, onde os eventos pluviais intensos têm acarretado em quedas de árvores, deslizamentos de barreiras, inundações em áreas residenciais, comerciais e em vias de grande fluxo, causando congestionamentos que duram horas, além do agravamento dos problemas sociais e sanitários daquelas populações residentes em áreas de maior vulnerabilidade socioambiental.

Segundo Monteiro (2009), ao ignorar o sistema climático, o desenho urbano acrescenta vulnerabilidade a uma equação (evento x vulnerabilidade). A cidade estudada, a cada evento pluviométrico intenso, evidência que possui grande vulnerabilidade. Os estudos realizados nas cidades de Salvador, Curitiba e Fortaleza desenvolvidos, de modo respectivo, por Gonçalves (2003), Zanella

(2006) e Zanella, Sales & Abreu (2009), mostraram que há uma maior repercussão espacial, bem como uma relação com aumento da vulnerabilidade socioambiental das populações e a intensidade de precipitações diárias, iguais ou superiores a 60 mm.

Esse artigo tem o objetivo de quantificar as ocorrências das precipitações diárias intensas iguais ou superiores a 60 mm na cidade de João Pessoa no período de 1981 a 2009. Cabe mencionar que o estudo se encontra em sua primeira fase de execução e por isso não é possível apresentar a espacialização dos impactos gerados pelos eventos extremos pluviais no espaço urbano e nem mesmo abordar a compreensão da problemática numa dimensão socioambiental na perspectiva dos riscos e da vulnerabilidade.

### **Síntese climática da cidade de João Pessoa.**

A circulação atmosférica atuante sobre as cidades é resultado do dinamismo atmosférico superior, o qual se configura através da circulação global. Os processos físicos interativos dessa atmosfera superior estabelecem, influenciam e controlam os centros de ação, os quais determinam o comportamento da atmosfera em nível de grandeza inferior.

Os sistemas atmosféricos que agem em João Pessoa atuam principalmente nas áreas equatoriais de baixa latitude, promovendo habitualmente estabilidade atmosférica no final do inverno e no período da primavera e causando instabilidade no período sazonal do verão, outono e início do inverno com a ocorrência de chuvas concentradas entre os meses de março a julho.

Devido sua localização geográfica os sistemas atmosféricos atuantes na cidade de João Pessoa são oriundos do oceano Atlântico e dão origem a um tipo climático particular nessa porção do Brasil; o Clima Tropical Litorâneo do Nordeste Oriental que se caracteriza como clima úmido e quente, o qual se diferencia dos climas mais secos do interior da região (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007).

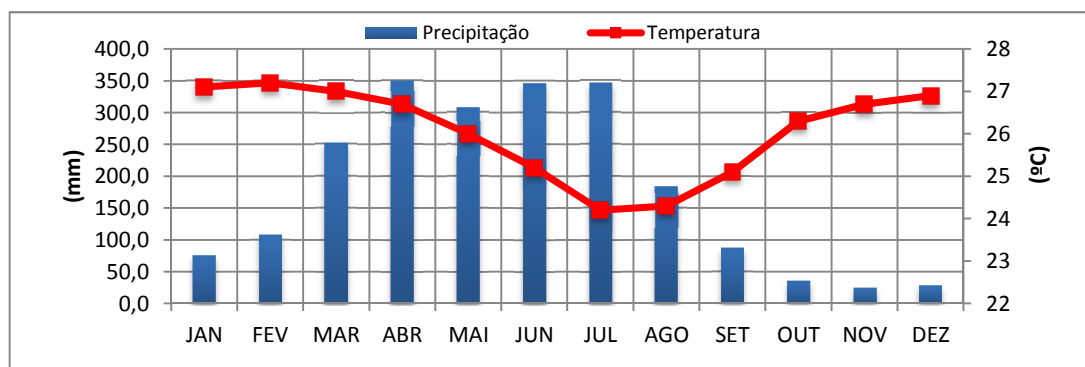
Os sistemas que atuam em João Pessoa podem ser classificados de acordo com o tempo de duração e extensão, dessa maneira se conhecem os fenômenos de escala primária (ZCIT- Zona de Convergência Intertropical), secundária (MEAS- Massa Equatorial do Atlântico Sul, MTA- Massa Tropical Atlântica, MPA- Massa Polar Atlântica, OE- Ondas de Leste, VCAS- Vórtice Ciclônico de Ar Superior e LI- Linhas de Instabilidade) e os de escala local como as brisas marítimas e terrestres. (MOLLION & BERNARDO, 2002; FERREIRA & MELLO, 2005; MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007).

O município de João Pessoa é marcado por dois regimes climáticos, condicionados por sistemas atmosféricos de grande escala e de níveis regionais que influencia toda dinâmica atmosférica na região e caracterizam a variabilidade das chuvas e o gradiente higrótérmico da cidade. O primeiro regime é a quadra chuvosa, correspondendo o verão, o outono e início do inverno, sendo os meses de abril a julho os mais representativos do período. Já o segundo é a quadra seca equivalente ao final do inverno e todo o período sazonal da primavera. O regime pluviométrico na área de estudo decorre pela

ação principalmente dos sistemas de instabilidade: ZCIT, VCAS, MPA, OE e LI, além de outros sistemas que atuam também durante o período seco na região como a MEAS, MTA e OE. De todos os sistemas os mais importantes, na gênese das chuvas na área de estudo são a ZCIT, VCAS, MPA e OE.

O gráfico 1 expressa bem os dois regimes climáticos presentes no município de João Pessoa. O regime chuvoso, no primeiro semestre do ano, com maior expressão entre os meses de março a agosto. Neste regime observa-se elevadas taxas pluviométricas associado a altos valores térmicos, visto que, se presencia o verão no hemisfério sul. Já o regime seco é presente no segundo semestre, mas precisamente a partir do mês de setembro. Os meses climatologicamente mais chuvosos são abril (349,8mm), junho (346,1mm) e julho (346,2mm) e os meses mais secos são outubro (35,4mm), novembro (24,9mm) e dezembro (28,5mm).

Gráfico 1- Climograma da cidade de João Pessoa (Normal Climatológica 1961-1990).



Fonte:

INMET, 2009.

A normal histórica da variável precipitação do município de João Pessoa é de 2145,4mm. A chuva acumulada no primeiro semestre do ano é equivalente 1439,6mm e representa 67%  $[(1439,6/2145,4) \times 100\%]$  do total pluviométrico anual, já os meses mais chuvosos (março a agosto) correspondem a 83,0%  $[(1785,1/2145,4) \times 100\%]$  da chuva anual e 80%  $[(1785,1/1439,6) \times 100\%]$  da chuva acumulada no primeiro semestre. A chuva registrada no segundo semestre é de apenas 705,7mm e representa 32%  $[(705,7/2145,4) \times 100\%]$  do acumulado anual

A temperatura do ar apresenta um padrão elevado para todo o ano, com rebaixamento térmico nos meses do outono e do inverno (Gráfico 1). A temperatura média do ar oscila entre 24,1°C e 27,2°C, e a média das máximas podem ser superiores a 30°C. A normal histórica dessa variável é de 26,1°C, com extremos para os meses de janeiro (27,1°C), fevereiro (27,2°C) e março (27°C), período do verão, apresentando temperaturas mais baixas nos meses de junho e julho com valores de 25,2°C e 24,2°C, respectivamente, período correspondente ao outono e inverno no hemisfério austral.

### Aspectos Metodológicos.

O presente trabalho considera as ideias de Monteiro (1976, 2003) sobre o estudo do clima das cidades. Monteiro (1976, 2003) elabora a nível teórico considerações acerca do clima urbano e propõe

modelos de avaliação numa abordagem sistêmica, dessa forma propõe um modelo denominado Sistema Clima Urbano (S. C. U), o qual abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização.

Os níveis que formam a estrutura do S.C.U. podem ser representados por três canais de percepção humana: Canal I-Conforto Térmico; Canal II- Qualidade do Ar; Canal III-Impacto Meteorológico que se associam, de modo respectivo, aos seguintes níveis de resolução do sistema: Termodinâmico, Físico-Químico e Hidrometeorológico. A pesquisa adota o Subsistema Hidrometeorológico e seu canal de percepção como subsídio teórico à compreensão da problemática dos impactos sociambientais gerados pelos eventos diários intensos da precipitação em João Pessoa.

Os procedimentos metodológicos da pesquisa consistiram no levantamento bibliográfico introdutório acerca da temática, seguido da coleta e sistematização do banco de dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) que é responsável pela administração da Estação Meteorológica de João Pessoa (07°06' LAT S e 34°52' LONG W e altitude 7, 43m ). Em etapa posterior ocorreu a tabulação e análise das precipitações diárias intensas. Apesar de a Estação ter iniciado sua operação na década de 1960, a série temporal eleita neste estudo refere-se ao período de 1981 a 2009. A escolha do recorte temporal justifica-se devido às inúmeras falhas detectadas na base de dados anteriores ao ano de 1981.

## **Resultados e Discussões**

Foram contabilizados 143 eventos intensos de precipitação considerados como prováveis causadores de impactos sociambientais urbanos em João Pessoa, isto é, chuvas diárias iguais ou superiores a 60 mm (Tabela 1). Na década de 1980 foram registrados 38 eventos, no decênio 1990 o número de ocorrências foi de 45 eventos e nos anos 2000 foram registrados 60 eventos. Dessa maneira, observa-se o aumento progressivo das ocorrências de chuvas diárias intensas na cidade por década.

Os anos que acumularam nas respectivas décadas da série o maior número de ocorrências de eventos foram: o ano de 1985 apresentando o maior total pluviométrico da série com 3085,6mm e 12 eventos, 1990 com pluviosidade anual de 2228,4 mm e 10 eventos e 2009 cujo total pluviométrico foi de 2544,5 mm com 10 eventos, verifica-se, portanto que os anos mais chuvosos são os que apresentam os maiores números de eventos de precipitação diária intensa.

Na tabela 1 observa-se também que o ano de 1985 foi o único que ultrapassou o acumulado de 3000,0mm, portanto é considerado como o ano mais chuvoso da série temporal, além disso, o ano de 1985 registrou o maior número de eventos. Cabe mencionar que para a cidade de Fortaleza o ano de 1985 também foi considerado o mais chuvoso, além de apresentar o maior número de eventos de chuvas diárias intensas conforme demonstrou Zanella, Sales & Abreu (2009).

Para Xavier (2001), Ferreira & Mello (2005) e Lucena et al (2010) a elevada pluviosidade do ano de 1985 se deve a associação do fenômeno La Niña (resfriamento anômalo da TSM- Temperatura

da Superfície do Mar do Pacífico) com o dipolo negativo da TSM do Atlântico Tropical (favorável às chuvas na região), fenômeno que é habitualmente responsável por anos chuvosos ou muito chuvosos na região Nordeste.

Tabela 1- Total pluviométrico anual e número de eventos iguais ou superiores a 60mm diários registrados em João Pessoa-PB (1981-2009).

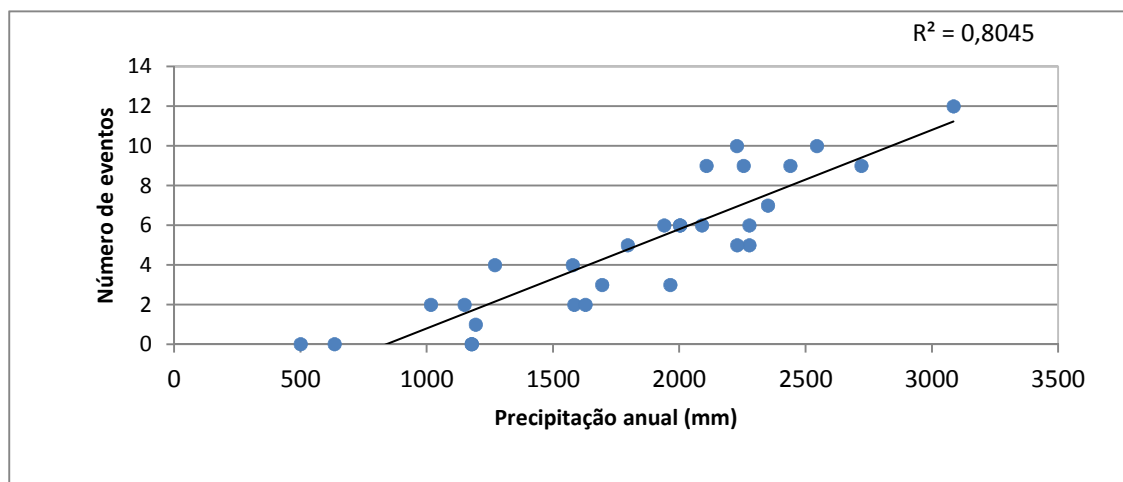
Ano	Total pluviométrico	Nº de eventos	Ano	Total pluviométrico	Nº de eventos
1981	635,1	0	1996	2350,7	7
1982	501,2	0	1997	1577,5	4
1983	1193,7	1	1998	1270,1	4
1984	2277,6	6	1999	1017,3	2
1985	3085,6	12	2000	2439,9	9
1986	2277,4	5	2001	1178,5	0
1987	1964,9	3	2002	2003,1	6
1988	1796,1	5	2003	2108,4	9
1989	2090,5	6	2004	2229,6	5
1990	2228,4	10	2005	1940,7	6
1991	1584,7	2	2006	1178,3	0
1992	1629,1	2	2007	2003,9	6
1993	1149,9	2	2008	2254,5	9
1994	2721,3	9	2009	2544,5	10
1995	1695,3	3	<b>Total</b>		143

Fonte: Estação Meteorológica de João Pessoa/INMET.

Organização: Autores.

O gráfico 2 mostra a dispersão entre precipitação total anual e número de eventos de precipitações diárias intensas e confirma a tendência de que os anos mais chuvosos, são os que apresentam um maior número de eventos a exemplo dos anos de 1985, 1990, 1994, 2000, 2003, 2008 e 2009 e anos de reduzido acumulado anual são os que registram os menores quantitativos em número de eventos ou mesmo nenhum evento, como ocorrido nos anos de 1981, 1982, 2001 e 2006. Em termos estatísticos a tendência entre as variáveis é positiva e elevada, visto que, apresentou um valor de regressão linear simples de  $R^2 = 0,804$ .

Gráfico 2- Dispersão entre precipitação total e número de eventos de precipitação diária intensa em João Pessoa (1981-2009).



Na tabela 2 consta a frequência mensal de precipitação diária igual ou superior a 60 mm, a qual se torna importante para análise, pois ordena os eventos pluviométricos em classes de 20 mm, a partir do limite definido, e contabiliza quantos eventos ocorreram em cada mês do ano. Diante disso, verifica-se que os meses de outubro, novembro e dezembro não apresentam nenhum evento acima de 60 mm, pois os mesmos estão inseridos no regime seco, período este condicionado pela elevada estabilidade atmosférica das massas Equatorial Atlântica Sul (MEAS) e Tropical Atlântica (MTA).

Tabela 2- Frequência mensal das classes de eventos de precipitação diária intensa em João Pessoa (1981-2009).

CLASSES (eventos em mm)	MESES												Total
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
60-80	4	3	12	14	15	10	12	2	2	0	0	0	74
80-100	1	3	5	8	3	8	7	3	0	0	0	0	38
100-120	0	2	3	1	1	4	1	2	0	0	0	0	14
120-140	0	0	1	2	2	3	2	0	0	0	0	0	10
>140	0	0	0	1	2	2	2	0	0	0	0	0	7
<b>Total</b>	5	8	21	25	23	27	24	8	2	0	0	0	143

Fonte: Estação Meteorológica de João Pessoa/INMET.  
Organização: Autores.

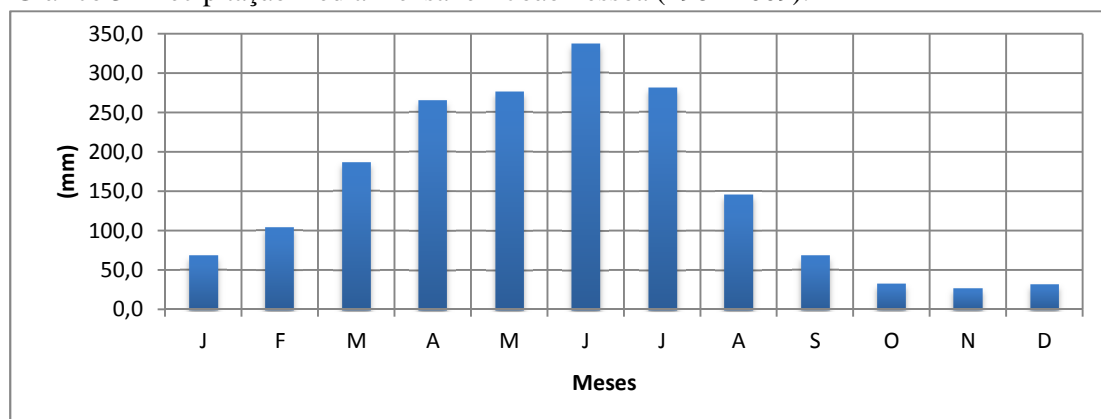
Verificou-se também que os meses de janeiro, fevereiro, agosto e setembro registraram poucos eventos, em contrapartida, os meses de março a julho apresentaram a maior quantidade de eventos mensais da série estudada, estes variaram entre 21 e 27 eventos, com destaque para o mês de julho que apresentou o maior número de eventos. Muito provavelmente as explicações para a ocorrência desses eventos nos meses de março a maio é a influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), a qual se intensifica no mês de março, assim como também do Vórtice Ciclônico de Ar Superior

(VCAS) e das Linhas de Instabilidade (LI) que agem frequentemente entre março a maio, enquanto também é provável que a ocorrência de eventos intensos nos meses de junho e julho são influenciadas pelas Ondas de Leste (OE) e pela massa Polar Atlântica (MPA), todos esses sistemas provocam chuvas e podem ocorrer isoladamente ou em associação.

Os valores presentes na tabela 2 mostram que ocorreram 74 eventos na classe de 60-80 mm, a qual representa a maior quantidade de eventos da série, em seguida estão os valores entre 80-100 mm, estes somados equivalem a 38 eventos, já a classe de 100-120 mm totaliza 14 ocorrências, enquanto que a classe de 120-140 mm acumulou 10 eventos e por fim foram registrados 7 eventos inseridos na classe > 140 mm. Cabe mencionar que o maior episódio de chuva diária intensa ocorreu no dia 18/06/1986 com valor de 194 mm.

Ao relacionar os valores da tabela 2 com a pluviosidade média mensal presente no gráfico 3 contata-se que, assim como os anos com maior acumulado pluviométrico registraram um maior número de eventos intensos, os meses com as maiores médias mensais de chuvas também apresentaram uma maior quantidade de eventos intensos diários, um dos exemplos é que na tabela 2 o mês de junho apresenta a maior montante de ocorrências, com 27 eventos e no gráfico 3 esse mesmo mês é o mais chuvoso, com valor médio mensal superior a 330,0 mm.

Gráfico 3- Precipitação média mensal em João Pessoa (1981-2009).



Fonte: Estação Meteorológica de João Pessoa/INMET.  
Organização: Autores.

### **Conclusões**

O número de eventos pluviométricos diários intensos encontra-se intrinsecamente relacionado aos totais pluviométricos anuais mais elevados da série analisada, relação essa também presente para os meses mais chuvosos. Foi visto que ocorre um aumento no número de eventos por década na cidade, eventos estes com maior concentração entre 60 mm a 80 mm. Com relação à distribuição mensal dos eventos levanta-se a hipótese que além da influência da ZCIT, do VCAS e das Linhas de Instabilidade nos meses de março a maio, a MPA e as Ondas de Leste sejam os sistemas atmosféricos responsáveis pela gênese das precipitações diárias intensas nos meses de junho e julho.



Diante da importância dessa análise quantitativa, faz-se necessário, posteriormente realizar trabalhos relacionando os eventos intensos aqui identificados com a espacialização dos possíveis impactos gerados pelos mesmos. Para que no futuro, esses estudos possam fornecer subsídios ao planejamento socioambiental na cidade de João Pessoa.

### **Referências Bibliográficas.**

FERREIRA, A. G; MELLO, N.G.S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, vol.1, nº 1. p.15-28, 2005.

GONÇALVES, N. M. S. Impactos Pluviais e Desorganização do espaço Urbano em Salvador. p.69-91. In: **Clima Urbano**. MONTEIRO, C. A. F; MENDONÇA, F. (Orgs). São Paulo: Contexto, 2003.192p.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas do Brasil (1961-1990)**. Brasília/DF: INMET, 2009. 465p. CD ROM.

LUCENA, D. B. ET AL. Evolução do Impacto de Eventos Climáticos Extremos nos Oceanos Pacífico e Atlântico. p.176- 197. In: **Clima do Atlântico Tropical e Impactos sobre o Nordeste (CATIN)**. CAMPOS, J. N. B; SERVAIN, J. (Orgs). Fortaleza: CNPQ/FUNCEME/IRD, 2010. 392p.

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

MOLLION, L. C. B; BERNARDO, S. O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**., nº1, vol.17, p. 1-10, 2002

MONTEIRO, A. As Cidades e a Precipitação uma Relação Demasiado Briguenta. **Revista Brasileira de Climatologia**, vol.1, nº 5. p.7-25, 2009.

MONTEIRO, C. A. F. Teoria e Clima Urbano. **Série Teses e Monografias**, nº25. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1976.

MONTEIRO, C. A. F. Teoria e Clima Urbano. p.9-67. In: **Clima Urbano**. MONTEIRO, C. A. F; MENDONÇA, F. (Orgs). São Paulo: Contexto, 2003.192p.

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.

ZANELLA, M. E. **Inundações Urbanas em Curitiba/PR: impactos, riscos e vulnerabilidade socioambiental no Bairro Cajuru**. (Tese de Doutorado). Curitiba/PR: Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento - UFPR, 2006.

ZANELLA, M. E. Eventos pluviométricos intensos e impactos gerados na cidade de Curitiba/PR – Bairro cajuru: um destaque para as inundações urbanas. **Mercator**, ano 05, nº 9, p. 61-74, 2006.

ZANELLA, M. E; SALES, M. C. L.; ABREU, N. J. A análise das precipitações diárias intensas e impactos gerados em Fortaleza-CE. **GEOUSP- Espaço e Tempo**, São Paulo, nº 25, p 53-68, 2009.