



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

CENTRO DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

NAYARA KAROLINE LIMA MOREIRA

**CLASSIFICAÇÃO DE CHUVAS EXTREMAS NOS MUNICÍPIOS DE
JOÃO PESSOA E BAYEUX**

JOÃO PESSOA

2019

NAYARA KAROLINE LIMA MOREIRA

**CLASSIFICAÇÃO DE CHUVAS EXTREMAS NOS MUNICÍPIOS DE
JOÃO PESSOA E BAYEUX**

Trabalho Acadêmico de Conclusão de Curso apresentado à coordenação do Curso de Engenharia Ambiental, do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, como pré-requisito para obtenção do título de Engenheira Ambiental.

Orientador: Dr^a. Ana Cláudia Fernandes Medeiros Braga

JOÃO PESSOA

2019

M838c Moreira, Nayara Karoline Lima.

Classificação de Chuvas Extremas nos Municípios de João Pessoa e Bayeux / Nayara Karoline Lima Moreira. - João Pessoa, 2019.

63 f. : il.

Orientação: Dr^a Ana Cláudia Fernandes Medeiros Braga.
Monografia (Graduação) - UFPB/CT.

1. Eventos Extremos. 2. Precipitação. 3. Intensidade.
I. Braga, Dr^a Ana Cláudia Fernandes Medeiros. II.
Título.

UFPB/BC

FOLHA DE APROVAÇÃO

NAYARA KAROLINE LIMA MOREIRA

**CLASSIFICAÇÃO DE CHUVAS EXTREMAS NOS MUNICÍPIOS DE
JOÃO PESSOA E BAYEUX**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado em 26/09/2019 perante a seguinte Comissão Julgadora:

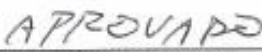


Prof. Dra. Ana Cláudia Fernandes Medeiros Braga
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB


(Aprovado/Reprovado)


Prof. Dr. Gilson Barbosa Athayde Junior

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB


(Aprovado/Reprovado)



Prof. Dra. Karine Cristiane de Oliveira Souza
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB


(Aprovado/Reprovado)



Profa. Elisângela Maria Rodrigues Rocha
Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental

Profª Elisângela M. R. Rocha
Coord. CCGEAM/CT/UFPB
Mat. SIAPE 1821373

A todos que, de forma direta ou indireta participaram e incentivaram toda esta etapa da minha carreira acadêmica, este trabalho, dedico.

AGRADECIMENTOS

À Deus por ter me dado forças para tornar possível cumprir meus objetivos, e nunca ter deixado me faltar nada.

À minha amada mãe Ednalva Lima, por ter estado ao meu lado em todos os momentos, de alegria e dificuldades, e por nunca ter medido esforços para que eu pudesse alcançar todas as minhas metas, a ela todo meu amor, carinho, respeito e admiração.

Ao meu Pai Jailson Oliveira, por ter sido fundamental no meu processo de formação escolar, e por ter sido um exemplo de força e dedicação.

Ao meu Pai Severino Moreira, por todo amor e carinho que me proporciona, e por ter tido estado ao meu lado sempre.

Aos meus irmãos Amanda Stefanny, João Victor por terem sido compreensíveis e companheiros durante toda minha formação acadêmica.

Ao meu Noivo Márcio Franco, por ter sido companheiro e compreensivo, por ter estado presente em todas as etapas de minha vida acadêmica, me dando forças, amor e carinho.

Aos meus amigos Manoel Victor e Camila Mello que estiveram comigo sempre me ajudando em tudo que foi necessário para a construção desse trabalho e pelo amor e carinho que demonstram por mim, a eles meu amor e eterna gratidão.

Às minhas amigas Raissa Barreto e Floriza Maria, por toda amizade e carinho demonstrado, e apoio no cumprimento das disciplinas do curso.

A minha Professora orientadora Ana Cláudia, pela confiança depositada e contribuição imensurável para a construção desse trabalho, a ela minha gratidão.

À Universidade Federal da Paraíba, por todo conhecimento adquirido e a todos os meus amigos que contribuíram, direta ou indiretamente, para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

RESUMO

Os eventos extremos de precipitação podem ser associados à ocorrência de desastres hidrológicos de enxurradas inundações e alagamentos. O planejamento e gestão dos recursos hídricos são fundamentais para que seja possível enfrentar tais episódios pluviométricos e evitar que populações vulneráveis sofram danos materiais, sociais e ambientais. Diante desse contexto, esse trabalho objetiva classificar as precipitações máximas que ocorreram entre os anos de 1996 a 2017 nos municípios de João pessoa e Bayeux, de acordo com as suas respectivas intensidades. Foram selecionados três postos de medições pluviométricas para os municípios referidos, e aplicada em suas séries históricas a Metodologia dos Máximos de Precipitação, utilizada anteriormente por Calvetti (2006), Silva (2012) e Monteiro (2016) que consiste em definir um limiar de chuva e a partir deste criar classes de intensidade para precipitação. Por meio dela foi possível identificar os limites que caracterizam chuvas extremas para os municípios referidos, e assim verificar e quantificar as principais ocorrências de precipitações extremas no período da análise.

Palavras-chave: Eventos extremos, precipitação, intensidade.

ABSTRACT

Extreme precipitation events may be associated with the occurrence of hydrological disasters from flooding and flooding. The planning and management of water resources are essential to cope with such rainfall events and to prevent vulnerable populations from suffering material, social and environmental damage. Given this context, this work aims to classify the maximum precipitation that occurred between 1996 and 2017 in the municipalities of João Pessoa and Bayeux, according to their respective intensities. Three rainfall measurement stations were selected for the mentioned municipalities, and applied in their historical series the Precipitation Maximum Methodology, previously used by Silva (2012), Monteiro (2016) and Calvetti (2006) which consists of defining a rain threshold. and from this create intensity classes for precipitation. Through it it was possible to identify the limits that characterize extreme rainfall for the mentioned municipalities, and thus verify and quantify the main occurrences of extreme rainfall during the analysis period.

Keywords: Extreme events, precipitation, intensity.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Postos Pluviométricos selecionados para os dois municípios.....	32
Tabela 2-Classes de intensidade do índice de anomalias de chuva.....	34
Tabela 3-Categorias de chuva baseada nas precipitações diárias.....	36
Tabela 4- Fórmulas usadas na classificação dos níveis de precipitações extremas.....	37
Tabela 5-Percentual de dados faltosos para as séries históricas de precipitação.....	40
Tabela 7- Maiores valores de total mensal por ano para o Município de João Pessoa	44
Tabela 6- Tempo de Retorno na Base Mensal ara o Município de João Pessoa	44
Tabela 8-Tempo de retorno com base nos dados mensais para o município de Bayeux	45
Tabela 9- Maiores valores de total mensal por ano para o município de Bayeux.....	45
Tabela 10-Tempo de Recorrência Baseado nas máximas diárias do período chuvoso para o Município de João Pessoa.....	46
Tabela 11-Precipitações Máximas diárias dentre o período chuvoso para o Município de João Pessoa	46
Tabela 12- Precipitações Máximas diárias dentre o período chuvoso para o Município de Bayeux	47
Tabela 13-Tempo de Recorrência Baseado nas máximas diárias do período chuvoso para o Município de Bayeux	47
Tabela 14-Médias e desvio padrão para as séries históricas dos postos de João Pessoa.....	48
Tabela 15- Classificação de eventos extremos de chuva baseada nas médias dos máximos e os limites de intensidade de precipitação.	48
Tabela 16-Dez maiores eventos de precipitação no município de João Pessoa e classificação do ano de ocorrência com base no IAC	52
Tabela 17- Dez maiores eventos de precipitações no município de Bayeux e classificação do ano de ocorrência com base no IAC	53

LISTA DE IMAGENS

Figura 1- Ciclo Hidrológico	16
Figura 2 - Fatores que contribuem para as inundações nas cidades	18
Figura 3- Esquema representativo dos tipos de desastres hidrológicos.....	21
Figura 4- Elevação do nível de um rio provocadas pela chuva, do nível normal até a ocorrência de uma inundação.	22
Figura 5- Diferença entre inundações bruscas e graduais	24
Figura 6 - Mapa do Município de João Pessoa.....	28
Figura 7- Setores de risco a desastres em João Pessoa.....	29
Figura 8-Pontos onde ocorrem problemas de alagamento e inundação	30
Figura 9- Delimitação do Município de Bayeux	31
Figura 10- Áreas de alto risco nos Municípios de Bayeux.....	32
Figura 11- Localização geográfica dos postos	33
Figura 12- Registros da atuação da Defesa Civil após a ocorrência de inundações nas comunidades de São José e Chatuba	57

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- IAC dos postos de João Pessoa e Bayeux	40
Gráfico 2- Quantidade de ocorrências por intervalos de chuva dentre as precipitações máximas para João Pessoa.....	42
Gráfico 3- Quantidade de ocorrências por intervalos de chuva dentre as precipitações máximas para Bayeux.....	43
Gráfico 4- Ocorrências de precipitações para cada nível de intensidade	50
Gráfico 5-Ocorrências de precipitações para cada nível de intensidade para Bayeux	51

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVO.....	15
3. REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1 Ciclo hidrológico	16
3.2 Eventos climáticos extremos – Secas e Cheias.....	18
3.3 Desastres	20
3.3.1 Inundações	21
3.3.2 Enxurradas	23
3.3.3 Alagamentos	24
3.4 Classificação de eventos extremos baseados na precipitação.....	25
4. METODOLOGIA	27
4.1 Caracterização das áreas de estudo	27
4.1.1 João pessoa	27
4.1.2 Bayeux.....	30
4.2 Análise dos dados de precipitação	32
4.2.1 Identificação de anos secos, normais e chuvosos	33
4.2.2 Cálculo da distribuição de frequência simples	34
4.2.3 Cálculo dos tempos de recorrência.....	35
4.3 Classificação dos máximos de precipitação.....	36
4.4 Análise conjunta dos dados.....	38
4.5 Identificação dos desastres hidrológicos relacionados	39
5. RESULTADOS	40
5.1 Análise das séries pluviométricas	40
5.1.2 Avaliação da distribuição de frequência simples	41
5.1.3 Avaliação dos tempos de recorrência.....	43
5.1 Classificação dos Níveis de intensidade	47
5.2 Análise Conjunta.....	51
5.3 Identificação dos desastres hidrológicos decorrentes dos eventos extremos	54
5.3.1 Registros dos desastres hidrológicos ocorridos em João Pessoa.....	56
5.3.2 Registros dos desastres hidrológicos ocorridos em Bayeux.....	57
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
7. REFERÊNCIAS	60

1. INTRODUÇÃO

Eventos extremos impactam o meio ambiente e a sociedade como um todo. Eventos de secas impactam regiões de forma lenta e causam escassez de água que podem gerar conflitos pelo seu uso. Já os eventos de cheias impactam as regiões de forma imediata, decorrentes das precipitações que ocorreram e geram inúmeros impactos sociais e econômicos.

As notícias de ocorrência de desastres hidrológicos tem sido recorrente em diversos meios de comunicação no Brasil. O processo intenso e desordenado da urbanização resulta, normalmente, no aumento da vulnerabilidade social favorecendo a ocorrência de desastres. Isto porque a ausência de áreas apropriadas para ocupação, suficientes para atender a demanda do crescimento populacional, implica na ocupação de áreas consideradas de risco diante de ameaças naturais.

Segundo Brasil (2013), o aumento dos registros de desastres naturais no Brasil ficou evidente, pois, nos períodos de 1991 a 2012 do total de 38.996 registros, 8.515 (22%) ocorreram na década de 1990; 21.741 (56%) ocorreram na década de 2000; e apenas nos anos de 2010, 2011 2012 este número somou 8.740 (22%).

Nesse contexto, os eventos extremos de precipitação têm gerado inúmeros impactos sociais, por favorecer a ocorrência dos desastres hidrológicos, sejam as enxurradas, inundações ou alagamentos.

A ocorrência de enxurradas no Brasil representaram 21% do total dos registros entre 1991 e 2012. De uma média de 227 eventos por ano no período entre 1991 e 2011, passou para uma média de 204 eventos por ano entre 2002 e 2012. As inundações também foram representativas, com 4.691 eventos registrados, sendo os anos de 2004 e 2009 os de maiores ocorrência com 629 e 717 registros, respectivamente O Nordeste apresentou 22% do total de registros das enxurradas com mais de 2 milhões de pessoas afetadas e 25% dos registros de inundações que registrou mais de 4 milhões de pessoas afetadas no período entre 1991 e 2012 (BRASIL, 2013).

No estado da Paraíba, entre os anos de 1991 e 2012, foram registrados 215 eventos de enxurradas, 136 de inundações e 3 de alagamentos representativos. Estes desastres trouxeram mais de 30 mortes registradas e mais de 500 mil pessoas afetadas em questões de saúde, econômicas e sociais (BRASIL, 2012).

Assim, estudos voltados para analisar os impactos envolvidos nos valores extremos de precipitação se tornaram fundamentais para auxiliar na gestão pública, a fim de reconhecer quando um evento de precipitação representa uma ameaça, e quais medidas devem ser tomadas para que seja minimizada a ocorrência de desastres provenientes de chuvas extremas. Diante disso, a classificação de precipitações máximas em classes possibilita a emissão de alertas para minimizar os impactos causados pelos eventos extremos de cheias.

Alguns trabalhos classificam as precipitações enquanto eventos climáticos (*WESCHENFELDER* et al., 2011; *SANTOS* et al., 2016), o que é importante para um melhor entendimento dos processos climáticos. Outros, fazem a classificação, mas também associam os eventos a desastres ocorridos (*SOUZA* et al. 2012; *MEDEIROS*, 2013)

Os municípios de João Pessoa e Bayeux, localizados do Estado da Paraíba, têm passado nos últimos anos por um intenso processo de urbanização e verticalização. Atrelado a isso, práticas como o desmatamento, impermeabilização do solo e construções em áreas precárias tem contribuído para o aumento dos impactos associados aos desastres. Isto é devido ao aumento da ocupação das áreas consideradas de risco, ausência de infraestrutura nas cidades e consequente diminuição da resistência populacional à ameaças a fenômenos naturais.

Sendo assim, é necessária uma investigação a respeito das precipitações máximas que ocorreram nas regiões onde se encontram essas cidades, avaliar suas intensidades e classificá-las para que medidas preventivas possam ser adotadas, evitando que maiores impactos sejam causados a população.

2. OBJETIVO

Classificar chuvas extremas nos municípios de João Pessoa e Bayeux de acordo com dados de precipitações diárias.

Os objetivos específicos são:

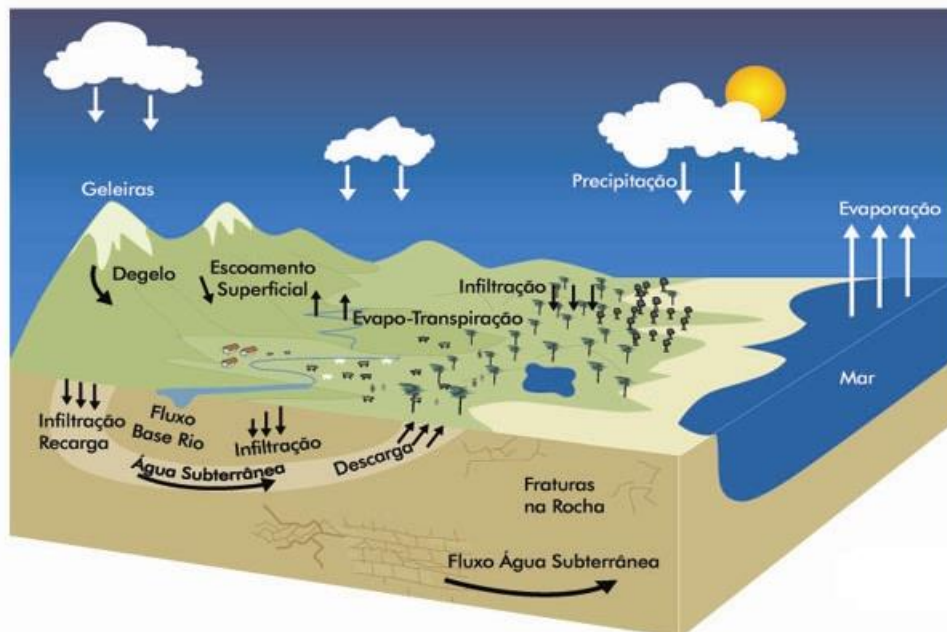
- Identificar os anos secos, chuvosos e normais com base nas precipitações anuais.
- Analisar os tempos de recorrência e a distribuição de frequência simples das precipitações máximas mensais e diárias.
- Classificar as precipitações máximas em quatro classes de ocorrência.
- Correlacionar tais eventos com os desastres naturais ocorridos e registrados

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Ciclo hidrológico

O ciclo hidrológico é “o fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e à rotação terrestre” (CARVALHO, SILVA, 2006), a figura 1 representa esquematicamente as etapas desse ciclo.

Figura 1- Ciclo Hidrológico



Fonte : Ministério do meio ambiente.

A evaporação e a evapotranspiração são dois processos presentes na maioria das etapas do ciclo. Ambos estão relacionados com a passagem do estado líquido para o estado de vapor diante de alterações da temperatura. Porém, o primeiro se trata da transferência das águas dos corpos hídricos para a atmosfera, enquanto o segundo é proveniente das águas presentes em vegetais e animais.

Assim como todo ciclo, é importante mencionar que o ciclo hidrológico não possui um começo, tão pouco um fim. Sobretudo, para fins de estudo podemos considerar como início do ciclo a evaporação da água dos oceanos e formação de vapor de água. De acordo com as condições presentes no meio, o vapor precipita em forma de chuva, neve, granizo, etc. Dessa precipitação, ocorre uma divisão de destinos. Uma parte sequer chega à superfície terrestre,

evaporando novamente, e outra boa parte atinge diretamente as superfícies de oceanos e lagos, tendo uma parcela evaporada em seguida (PAZ, 2004).

Da precipitação que atinge a superfície terrestre uma parte é interceptada pela cobertura vegetal que retém a água e elimina o vapor para atmosfera, caracterizando a evapotranspiração, pelo processo da fotossíntese. Da outra parte que chega diretamente ao solo, parcela infiltra abastecendo os aquíferos e posteriormente podendo escoar até os rios e lagos de forma subterrânea. E por fim da parte restante da precipitada no solo, esta irá escoar superficialmente, podendo ser retida em depressões do solo, e escoar para rios, lagos e oceanos, sob ação da gravidade (PAZ, 2004).

Pode-se observar que existe um condicionamento das etapas do ciclo às características do meio ambiente, como clima, relevo, tipo do solo, uso e ocupação do solo, rede hidrográfica etc. Em contrapartida, as tentativas do homem de ajustar o meio ambiente as suas necessidades tem provocado mudanças no ciclo hidrológico. O barramento dos rios, por exemplo, altera o regime de escoamento, aumenta a evaporação e eleva o nível do lençol freático. Já o desmatamento, provoca a exposição do solo ao escoamento e sua erosão, acarretando no acúmulo de sedimentos nos rios e lagos.

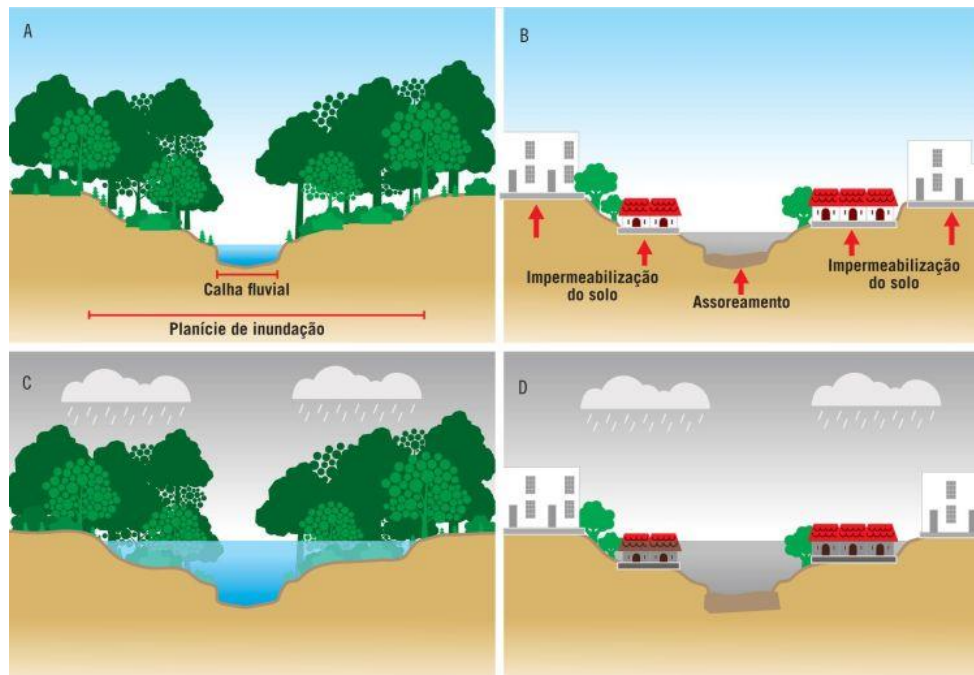
A ocupação das planícies de inundações também é um fator de muita relevância a ser considerado, tanto no estudo dos fatores que modificam o ciclo hidrológico quanto dos desastres relacionados. Isto por que, na ocorrência de precipitações intensas, as águas dos rios, saem do seu leito menor e transbordam atingindo o seu leito maior e as planícies de inundação, sendo este o funcionamento natural dos rios. As áreas de vegetação presentes nas planícies de inundação dos rios são extremamente férteis, e por isso são historicamente ocupadas e utilizadas por serem áreas favoráveis às práticas de agricultura. (PAZ, 2004)

No entanto, o processo de urbanização nessas regiões cresceu exponencialmente, sem levar em consideração os impactos que isso iria trazer. As margens dos rios passaram a sofrer intenso desmatamento, pois o principal interesse passou a ser a construção de indústrias, comércio e moradias. Além disso, esse processo trouxe a impermeabilização do solo, que diminui a parcela de precipitação infiltrada por ele, aumenta o volume escoado, e antecipa o tempo de pico. Isso traz uma série de conseqüências, pois na ocorrência das precipitações intensas, ocorre naturalmente a elevação do nível dos rios até atingirem as planícies de inundação, e uma vez urbanizadas, parcela da água que anteriormente seria infiltrada pelo solo, agora escoará rapidamente em direção aos rios. Isso aumenta o volume da água escoado,

e o tempo que o rio levaria para chegar ao nível de pico e transbordar diminui, provocando os desastres de alagamento e inundações (Figura 2).

Daí se dá importância de sistemas de drenagens adequados para atender a demanda da população. Pois além dos problemas supracitados, a urbanização traz a necessidade de gestão de resíduos sólidos e líquidos.

Figura 2 - Fatores que contribuem para as inundações nas cidades



Fonte : CiênciaHoje

3.2 Eventos climáticos extremos – Secas e Cheias

Ao se analisar uma série histórica de eventos climatológicos, a definição e identificação de um evento como extremo pode variar de acordo com inúmeros fatores, como a “localização geográfica, intervalo de tempo em que ocorreu a precipitação, impermeabilização do solo, vulnerabilidade socioambiental etc.” (MONTEIRO, ZANELA, 2017).

Diante disso, surgem diferentes interpretações e a ausência de unanimidade na comunidade acadêmica quanto a definição e caracterização de um evento como extremo. Eles podem ser definidos “em termos meteorológicos ou climáticos, como grandes variações de um estado climático moderado” (MARENGO 2004, p.6) ou ainda por ser aqueles que “dão início à cadeia de incidentes, resultando no desastre, a menos que o sistema de segurança interfira para evitá-lo ou minimizá-lo.”(CASTRO, 2009, p.72). Eles se diferenciam de

mudanças climáticas por serem “perturbações de curto prazo da energia, ou seja, essa variação ocorre em um período determinado, voltando posteriormente ao seu estado habitual” (VICENTE, 2006 , p.11)

Em termos pluviométricos, os eventos extremos podem ser considerados os mínimos de chuva, quando a incidência de precipitação é quase nula, caracterizando um evento de seca, e os máximos, quando ocorrem com maior representatividade, caracterizando um evento de cheia (MONTEIRO, 2016). Os danos são proporcionais a tempo de incidência do evento. Para uma chuva de maior intensidade, quanto menor o tempo de incidência, maior o dano, para eventos de estiagem, quanto maior o tempo, maior será o dano (VICENTE, 2005, p.12).

Do ponto de vista socioeconômico, associados ao intenso processo de urbanização e a ausência de infraestrutura necessária, os eventos extremos são considerados como aqueles que provocam danos econômicos, materiais e humanos ocasionando em desabrigo e até mesmo mortes (MONTEIRO, ZANELA, 2017).Do ponto de vista ambiental, esses eventos podem estar relacionados a fenômenos de enchentes, secas ou inundações .

As secas são fenômenos naturais caracterizados pela ausência de precipitação, o que pode ser observado em vários períodos nas séries históricas pluviométricas no Brasil. Os períodos de seca mais extensos provocam graves prejuízos econômicos, abrangendo a área agrícola, pecuária e dos recursos hídricos, acarretando em escassez de alimentos. Um agravante a esse período é o mau do solo e dos recursos hídricos em tempos considerados como normais por parte da população, favorecendo o aumento da vulnerabilidade dos mesmos na ocorrência de períodos de seca.

Os processos de cheias representam uma parte natural do ciclo hidrológico. Em seu estado normal, na ocorrência de precipitações intensas, a parcela de água que não infiltra no solo e nem é absorvida pela vegetação, escoar em direção aos rios elevando o nível de suas águas. No entanto, por conta de diversos fatores relacionados a urbanização, desmatamento e uso inapropriado dos recursos hídricos, na ocorrência de cheias em grandes proporções, o nível das águas dos rios sobe e acaba por extravasar inundando as áreas em seu entorno. Em regiões muito urbanizadas, esses eventos de cheias ocasionados por chuvas extremas se tornaram algo preocupante, pois muitas moradias de famílias mais vulneráveis acabam por ser afetadas direta ou indiretamente por desastres de inundações e alagamentos.

3.3 Desastres

Os desastres podem ser descritos como “resultados de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema vulnerável, causando danos humanos, materiais e/ou ambientais, e conseqüentes prejuízos econômicos e sociais.” (CASTRO, 1998, p.52). Segundo Vargas (2002), “uma ameaça é um perigo que causa uma emergência. A vulnerabilidade a essa ameaça causa um desastre”.

Nesse contexto, um desastre dificilmente será resultado apenas de uma ameaça ou um fenômeno natural. Fatores como a interferência humana no ecossistema, assim como a omissão de medidas preventivas, aliadas com vulnerabilidade social, econômica, territorial e política, podem contribuir para o aumento da magnitude dos efeitos danosos de um fenômeno natural sob uma área e sociedade. Castro (1998) classifica os desastres que ocorrem nessas circunstâncias como desastres de origem mista.

Com o objetivo de harmonizar a classificação brasileira para desastres com as normas internacionais, elaborou-se o COBRADE – Codificação Brasileira de Desastres, a partir da classificação do Banco de Dados Internacional de Desastres (EM-DAT) e da Organização mundial de Saúde (OMS/ONU) (BRASIL, 2012).

A classificação no COBRADE é feita por meio de duas categorias para desastres: naturais e tecnológicos. Estas são subdivididas em grupos e subgrupos para melhor demonstração de cada tipo de desastres. Dos desastres naturais relacionado à hidrologia e que mais sofrem interferência humana, pode-se destacar os desastres naturais hidrológicos, que são divididos de acordo com o documento supracitado em: inundações, enxurradas e alagamentos (Figura 3).

De acordo com Tominaga et.al. (2009), pode-se analisar a probabilidade e ocorrência dos desastres hidrológicos, pela combinação de condicionantes naturais e antrópicos. Foram destacados pelo autor os seguintes condicionantes naturais: “formas de relevo; características da rede de drenagem da bacia hidrográfica; intensidade, quantidade, distribuição e frequência das chuvas; características do solo e o teor de umidade e a presença da cobertura vegetal.

Por outro lado os condicionantes antrópicos destacados por ele foram: “o uso e ocupação irregular nas planícies e margens de cursos d’água; alterações nas características e dos cursos d’água; intenso processo de erosão dos solos e de assoreamento dos cursos d’água.”

Figura 3- Esquema representativo dos tipos de desastres hidrológicos



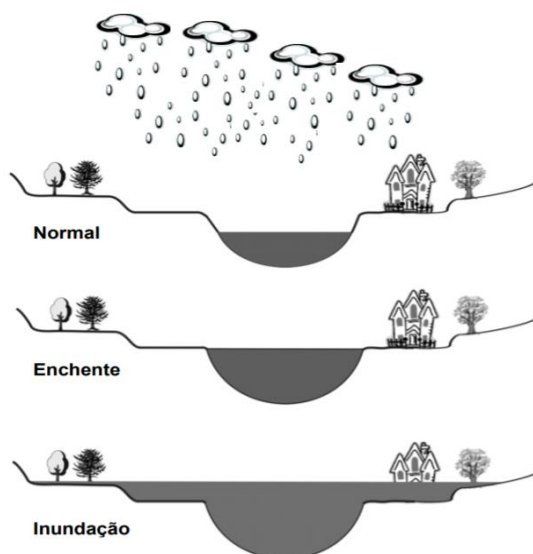
Fonte: COSTA et al, (2018)

3.3.1 Inundações

A fim de melhor entendermos o que caracterizam as inundações, é válido primeiramente distingui-las das enchentes (Figura 4). Para isso podemos utilizar a analogia de um copo sendo preenchido com água. Quando se coloca a água até o limite do copo, representando sua capacidade máxima, pode-se dizer que o copo está cheio. Para os rios, de maneira análoga, a elevação das águas por meio da precipitação ou escoamento pluvial até o limite de suas margens caracteriza um rio cheio, sendo assim uma enchente. À medida que as águas ultrapassam as margens do rio e transbordam, têm-se a ocorrência de inundações. (GOERL, KOBİYAMA, 2005).

Segundo o COBRADE, as inundações ocorrem quando há “submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas. O transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas em áreas de planície.”

Figura 4- Elevação do nível de um rio provocadas pela chuva, do nível normal até a ocorrência de uma inundação.



Fonte: (GOERL, KOBIYAMA, 2005; p.3)

Para Amaral e Ribeiro (2009), existem fatores que podem interferir na magnitude e frequência das inundações, que são:

- Intensidade e distribuição da precipitação
- Taxa de infiltração no solo
- Grau de Saturação no solo
- As características morfológicas da bacia de drenagem

De acordo com Tucci (2007), dois tipos de inundações podem ser destacados: as ribeirinhas e as que ocorrem devido a expansão populacional e seu sistema de drenagem, e estes podem ocorrer de forma isolada ou em conjunto, tendo como fator de interferência a dimensão da bacia hidrográfica.

As inundações ribeirinhas normalmente acontecem para bacias de médio e grande porte, com mais de 500 km², no trecho onde a declividade é baixa e a seção de escoamento é pequena. Elas se caracterizam na ocorrência de precipitações intensas associadas a incapacidade de infiltração do solo. O volume de água escoado para o sistema de drenagem, superando a capacidade natural de escoamento do sistema. Dessa forma, o excesso do volume que não foi drenado ocupa a várzea inundando de acordo com a topografia das áreas próximas aos rios. Esse tipo tem como fator condicionante o grau de ocupação pela população da várzea de inundação. (TUCCI, 2007)

Já as inundações decorrentes da expansão populacional, costumam ocorrer em pequenas bacias urbanizadas de 1 a 100 km² com exceção de grandes cidades. São decorrentes do aumento da impermeabilização do solo e a falta de planejamento nas implantações dos sistemas de drenagem. Isso por que, quando não implantado levando em consideração o possível crescimento populacional, o aumento da velocidade do escoamento através dos condutos e canais provoca o aumento no volume de água que chega ao mesmo tempo no sistema de drenagem, produzindo assim as inundações. (TUCCI, 2007)

3.3.2 Enxurradas

O aumento da urbanização sem o devido planejamento associado à diminuição da capacidade de infiltração do solo é diretamente proporcional a ocorrência dos danos provenientes da ocorrência das enxurradas. Elas são marcadas pela presença de precipitações intensas em um pequeno intervalo de tempo, gerando danos econômicos e até perdas humanas.

Porém há pouca uniformização entres os autores das literaturas brasileiras, ao caracterizar as enxurradas. Castro, (1998) usa os termos “inundação brusca” ou “inundação relâmpago” para se referir a elas. Já Amaral e Gutjahr (2011), as definem como “escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que podem ou não estar associado a curso d’água”.

O COBRADE as define como:

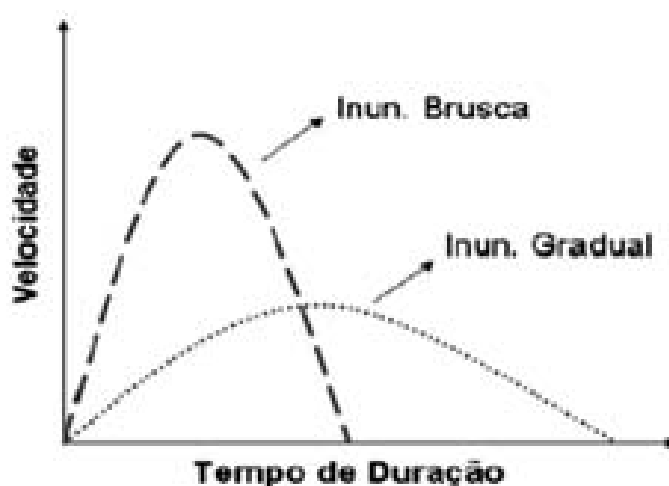
“Escoamento superficial de alta velocidade e energia, provocado por chuvas intensas e concentradas, normalmente em pequenas bacias de relevo acidentado. Caracterizada pela elevação súbita das vazões de determinada drenagem e transbordamento brusco da calha fluvial. Apresenta grande poder destrutivo.”

É comum a ocorrência das enxurradas nas áreas urbanas, em suas avenidas com córregos canalizados que tiveram sua origem em áreas de várzeas e que continuam recebendo água do entorno devido a sua posição no relevo (AMARAL, GUTJAHR, 2011).

As ocorrências das enxurradas se diferenciam das inundações graduais principalmente pela velocidade que ocorrem, e a magnitude dos danos causados (figura 5). A elevação das águas ocorre de forma abrupta e embora aconteçam em áreas menores do que as inundações graduais, os impactos são bem maiores (KOBAYAMA, M; ET AL, 2006).

Se os vales estiverem encaixados em V e as vertentes possuírem altas declividades, isso irá favorecer o aumento da velocidade das águas em um curto período de tempo, impulsionando assim o poder destrutivo das enxurradas, assim como, a eliminação de curvas que existiam outrora em alguns cursos d'água. Elas são responsáveis pela redução gradual da velocidade dá água e quando retiradas, ocorre a concentração do fluxo de água em pouco tempo (AMARAL; RIBEIRO; 2009).

Figura 5- Diferença entre inundações bruscas e graduais



Fonte: Kobiyama et al, 2006

3.3.3 Alagamentos

De acordo com o COBRADE (2012), os alagamentos podem ser caracterizados como uma “extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e consequente acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações intensas.”

A ausência de planejamento também interfere nos problemas de alagamento. As estruturas de microdrenagem são responsáveis pela retirada das águas pluviais das vias públicas. A ausência ou até mesmo a deficiência de manutenção dessas estruturas criam um cenário perfeito para a ocorrência dos alagamentos.

Vale ressaltar que a manutenção dessas estruturas é tão importante quanto as suas instalações. Apenas a presença delas não garante a ausência dos problemas de alagamento. Em muitas áreas urbanas, próximas à sarjetas, galerias e bocas de lobo, ocorre a disposição

inadequada de lixo ou de restos de materiais de construção civil, e também o acúmulo de vegetação. Com isso ocorre a obstrução das estruturas que impedem a ocorrência dos alagamentos.

Com relação aos danos gerados pelos alagamentos, quando comparados aos de enxurradas e inundações são, de menor magnitude. Isso porque a elevação das águas é relativamente baixa. No entanto, do ponto de vista social, os transtornos para a população são de ordem elevada, pois interferem na locomoção de automóveis e pessoas, além do que se refere a limpeza das residências e das edificações após o escoamento (ATLAS BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 2013).

3.4 Classificação de eventos extremos baseados na precipitação

O estudo das precipitações máximas para uma região tem sido objeto de estudo para muitos trabalhos acadêmicos e em estudos hidrológicos feitos para uma região. Isto por que esses estudos permitem conhecer o histórico dos eventos pluviométricos, e estimar quando estes caracterizarão um cenário de normalidade ou de extremos de cheias ou secas. Essa análise é de fundamental importância para o planejamento estrutural e socioeconômico de uma região.

Segundo Paz (2004), a análise das precipitações máximas para uma região permite estimar “qual o total de precipitação, a sua duração e a distribuição espacial e temporal que sejam críticas” para uma determinada área em estudo. O autor ainda afirma que “para os estudos de drenagem urbana e previsão de enchentes se torna imprescindível a caracterização das precipitações máximas.” Para estimar as vazões de enchentes em uma bacia, os dados de vazão estão menos disponíveis que os de precipitação, e assim o estudo delas também pode ser utilizada para tal finalidade.

Todavia, o estudo deve ser feito, levando em consideração fatores que permite classificar a precipitação como evento extremo. Alguns dos aspectos que são importantes a serem analisados são a intensidade, duração e frequência da precipitação. Paz (2004) ressalta esse ponto, ao mencionar que para certa bacia, dizer que uma precipitação de 120 mm é tida como uma precipitação máxima da região, não nos permite realmente ter ela como evento extremo. Pois, este total precipitado pode ter ocorrido em dias, ou até ser o total do mês, o que caracteriza cenários extremamente opostos.

Com a finalidade de se obter dados em que seja possível estimar quando uma precipitação será máxima para uma determinada região, alguns estudos como os de Monteiro (2016), Silva (2012) e de Monteiro e Zanela (2017) fizeram uso da metodologia estatística dos máximos de precipitação. Esta consiste em analisar séries históricas de precipitações, definir um limiar de chuva e criar classes de intensidade diante de eventos que realmente poderiam ser como tidos como de grande magnitude.

4. METODOLOGIA

4.1 Caracterização das áreas de estudo

4.1.1 João pessoa

O município de João Pessoa está localizado no estado da Paraíba, ocupando uma área territorial de 211,286 km², (IBGE,2018).De acordo com o documento “Topografia social da cidade de João Pessoa” disponibilizado em 2009 pela Prefeitura do município, a cidade contém 65 bairros sendo estes distribuídos em quatro zonas: zona norte contendo 14 bairros, leste com 16, oeste com 9 e sul com 26.

A cidade possui uma população de 723 mil habitantes contendo assim uma densidade demográfica de 3.421,28 hab/km²(IBGE, 2010). Vale salientar que o censo do IBGE também estimou para 2018 uma população de 800.323 habitantes.

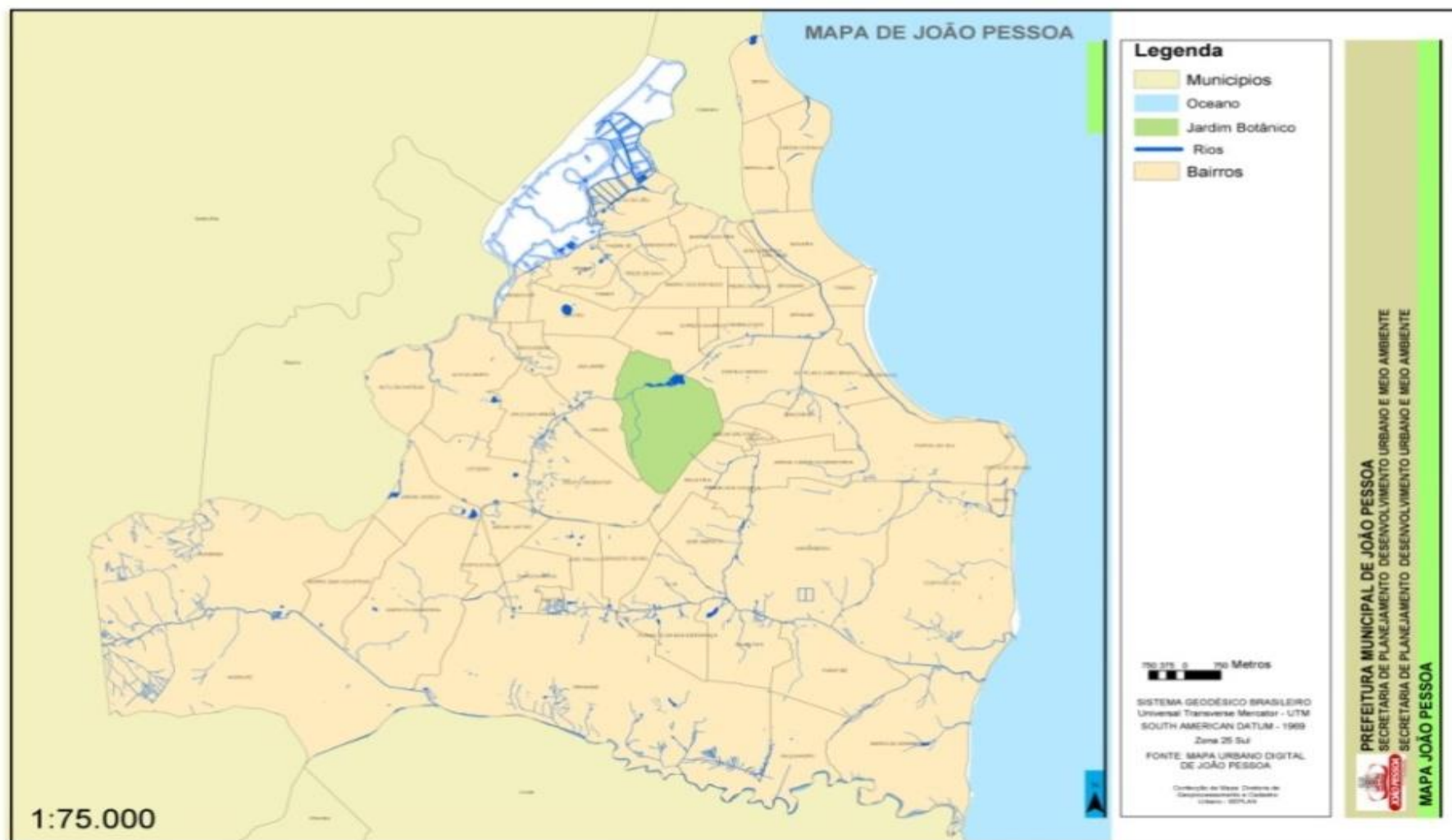
A localização geográfica do município pode ser descrita como sendo 08°07' de latitude sul e 341°52' de longitude oeste, limitando-se ao norte com o município de Cabedelo, ao sul com o município do Conde, ao leste com o Oceano Atlântico e a Oeste com os municípios de Bayeux e Santa Rita (Figura 6).

A Prefeitura Municipal de João Pessoa também disponibilizou em 2004 um documento oficial “Perfil do município de João Pessoa”, que caracteriza os aspectos físicos da cidade. De acordo com ele, o clima da cidade é do tipo mediterrâneo com temperaturas médias de 26° C, com o inverno iniciando-se em março e terminando em agosto. Ele ainda destaca que na maior parte do ano, o sol predomina no município, ocorrendo chuvas apenas no período de outono e inverno.

João Pessoa possui em sua rede hidrográfica nove bacias, segundo o seu Plano Municipal de Saneamento Básico - PMSB (2015), sendo seus principais rios: o Paraíba e seus afluentes, Sanhauá, Marés, Timbó, Cuiá, Cabelo, Mandacaru e o Gramame; sendo o último juntamente com seus afluentes Mumbaba e Mamuaba componentes do sistema Gramame-Mamuaba, o principal responsável pelo abastecimento de João Pessoa.

O plano supracitado ainda traz destaque, para a condição da maioria dos rios que cruzam o perímetro urbano do município, devido ao impacto sofrido por ações antrópicas como por exemplo: retificação de suas margens e alterações de seus leitos naturais, deposição de esgotos domésticos e supressão de matas ciliares.

Figura 6 - Mapa do Município de João Pessoa



Fonte : PMJP, 2015

A CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, juntamente com a Defesa civil de João Pessoa, fez em 2013 uma análise e delimitação das áreas de risco a desastres do município (figura 7). Foram constatados 22 (vinte e dois) setores considerados de risco alto em função tanto da ocupação quanto por fenômenos naturais. Foi destacada a ocupação desordenada e irregular nas margens do Rio Jaguaribe além de alguns afluentes do Rio Paraíba. Essas regiões sofrem frequentemente os danos decorrentes dos eventos extremos de cheias.

Dos setores destacados, 7 (sete) foram caracterizadas como áreas propícias a inundação e enchentes. Vale ressaltar que em julho de 2019 a defesa civil do município se reuniu com a CPRM para o desenvolvimento de novo mapeamento de áreas de risco, porém ainda não estão disponíveis para acesso público (CPRM 2019).

Na figura 7 estão destacadas em vermelho e laranjas as regiões de risco muito alto e alto respectivamente de acordo com o diagnóstico da CPRM.

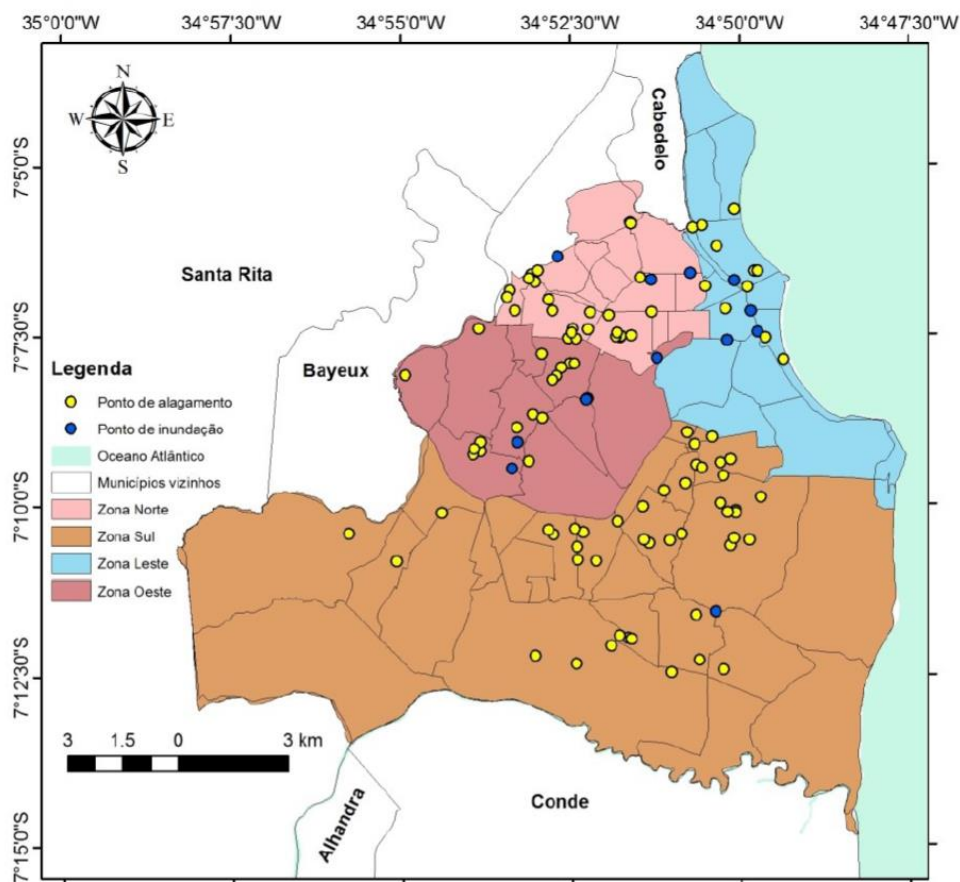
Figura 7- Setores de risco a desastres em João Pessoa



Fonte: CPRM, 2013

Aprofundando-se ainda mais nas áreas de risco a inundações e alagamentos do município, o PMJP traz um diagnóstico de pontos propícios a ocorrência desses desastres, utilizando os dados levantados pela COMPDEC-JP (Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil de João Pessoa) e verificações de campo. Foram caracterizados 98 pontos do município onde ocorrem problemas de alagamentos sendo mais presentes em sua zona sul e 15 pontos onde ocorrem problemas de inundações sendo mais presentes nas suas zonas norte e oeste. A figura 8 destaca em amarelo os pontos de alagamento e em azul os pontos de inundações do município.

Figura 8-Pontos onde ocorrem problemas de alagamento e inundações no Município de João Pessoa



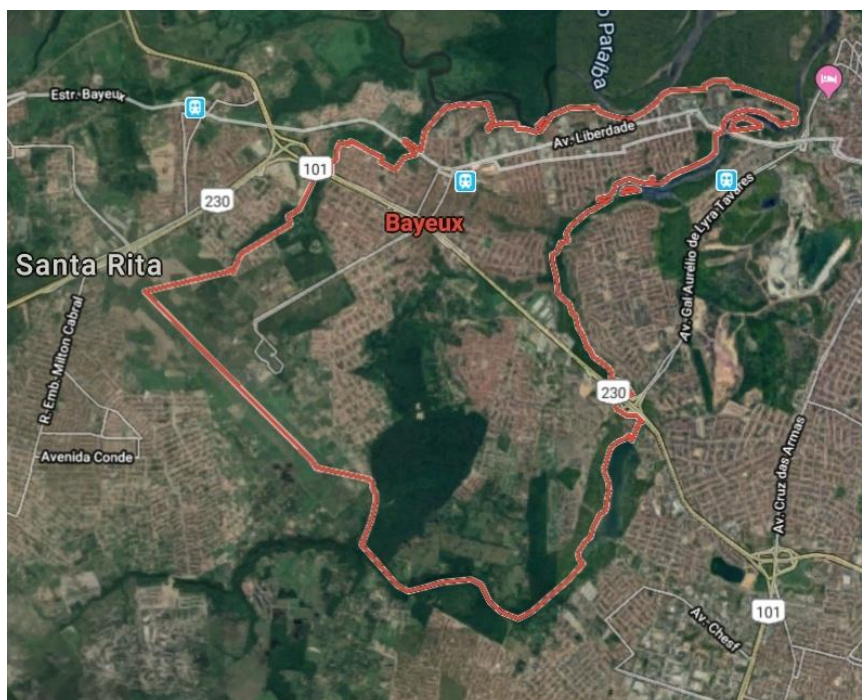
Fonte: PMJP, 2015

4.1.2 Bayeux

O município de Bayeux (Figura 9) também se localiza no estado da Paraíba e teve o início da ocupação às margens do rio Paraíba e de seus afluentes, como o rio Sanhauá e o rio Paroeira.

Atualmente, ele possui uma área de 27,536 km² (IBGE, 2018), e de acordo com o censo do IBGE de 2010, o município possui 99.716 habitantes e 3.118,76 hab/km² de densidade demográfica.

Figura 9- Delimitação do Município de Bayeux



Fonte: Googlemaps

O município está inserido nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Paraíba, tendo como seus principais tributários os Rios Paroeira e Sanhauá, os Riacho de Marés e do Meio (CPRM,2005,2013).

O clima do município é o do tipo tropical chuvoso com verão seco, tendo o início do período chuvoso no outono começando em fevereiro e terminando em outubro, caracterizando uma precipitação média anual de 1.634mm (CPRM,2005). Nos períodos de muita chuva, quando o volume de água supera a capacidade de escoamento, quando isso acontece a maré fica alta e ocorre inundações e enchentes(CPRM,2013).

A unidade Geoambiental em que o município se encontra é a dos Tabuleiros Costeiros, apresentando em algumas áreas vales estreitos e encostas abruptas, outras com encostas suaves e fundos com amplas várzeas (CPRM, 2005).

A CRPM em 2013 também delimitou as áreas de alto risco para desastres tanto hidrológicos quanto para movimento de massa para o município (Figura 10) e por meio delas é possível observar, que em sua maioria, são áreas de ocupações nas margens dos rios, fator este considerado como condicionante para o agravamento dos danos dos desastres. Assim como o município de João Pessoa, a defesa civil de Bayeux também se reuniu com a CPRM

em julho de 2019 para desenvolvimento de novo mapeamento de áreas de risco cuja divulgação ainda não foi feita.

Figura 10- Áreas de alto risco nos Municípios de Bayeux



Fonte : CPRM 2013

4.2 Análise dos dados de precipitação

A análise estatística do comportamento das ocorrências de precipitações para os municípios foi iniciada por meio da análise de suas séries históricas.

Foram selecionados três (03) postos de medições pluviométricas de cada município do estudo (Tabela 1), levando em consideração suas localizações geográficas (figura 11) e suas respectivas séries históricas de 1996 a 2017.

Tabela 1-Postos Pluviométricos selecionados para os dois municípios

MUNICÍPIO	POSTO	NOME DA ESTAÇÃO	CÓDIGO	LATITUDE	LONGITUDE	RESPONSÁVEL
João Pessoa	1	Mares	734037	S 7° 9' 20.88"	W 34°54' 32.04"	AESA-PB
	2	Mangabeira	734038	S 7°11' 49.92"	W 34°48' 47.16"	AESA-PB
	3	João Pessoa	734006	S 7° 6' 0.00"	W 34° 52' 0.12"	INMET
Bayeux	1	Bayeux	734036	S° 7 8' 0.96"	W 34°56' 17.88"	AESA-PB
	2	São Bento	734044	S 7°7' 19'20"	W34°54'21.60"	CEMADEN
	3	Jardim Planalto	734046	S° 7' 8' 52.80"	W 34°55'22.80"	CEMADEN

Fonte: Hidroweb

Figura 11- Localização geográfica dos postos



Fonte: Adaptado de Hidroweb.

Tendo em vista que em alguns casos, os postos de medições de chuva podem apresentar falhas em suas observações, para cada posto da análise foi realizada a identificação dos meses que estavam sem as medições pluviométricas, para posterior correção. O preenchimento dessas falhas foi feito baseado no método de ponderação regional apresentado por Tucci (1997), que consiste em utilizar medições de postos vizinhos, para encontrar os dados faltosos fazendo uso da equação (1).

$$Y_c = \frac{1}{3} * \left(\frac{X_1}{Xm_1} + \frac{X_2}{Xm_2} + \frac{X_3}{Xm_3} \right) * Ym \quad (1)$$

Nessa equação, (Y_c) é a precipitação do posto Y a ser estimada, (X_1 , X_2 e X_3) as precipitações correspondentes ao mês que se quer preencher observadas em estações vizinhas, (Ym) representa precipitação média do posto Y e (Xm_1 , Xm_2 , Xm_3) são as precipitação médias das estações circunvizinhas.

4.2.1 Identificação de anos secos, normais e chuvosos

Após de ter sido feito o preenchimento das falhas das precipitações anuais, se deu início a análise e classificação dos períodos que representavam os anos mais secos ou mais úmidos das séries históricas. Para isso foi determinado o índice de anomalia de chuvas (IAC) para cada série histórica, fazendo uso da metodologia sugerida por Rooy (1965) e adaptada por

Freitas(1998). Esta consiste na aplicação das equações (2) e (3), sendo a primeira para anomalias positivas e outra para anomalias negativas.

$$IAC = 3 * \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{M} - \bar{N})} \right] \quad (2)$$

$$IAC = 3 * \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{X} - \bar{N})} \right] \quad (3)$$

Onde;

(N) representa a precipitação mensal (mm.ano⁻¹),

(\bar{N}) a precipitação média mensal da série histórica (mm.ano⁻¹),

(\bar{M}) a média das dez maiores precipitações mensal da série histórica (mm.ano⁻¹)

(\bar{X}) a média das dez menores precipitações mensal da série histórica (mm.ano⁻¹).

Posteriormente, para caracterizar os anos da análise com relação à intensidade de precipitação, foi utilizada a metodologia proposta por Araújo et al. (2009), a qual é feita por meio dos valores registrados para o IAC, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2-Classes de intensidade do índice de anomalias de chuva

INDÍCE DE ANOMALIAS (IAC)	Faixa do IAC	Classe de intensidade
	Acima de 4	Extremamente úmido
	De 2 a 4	Muito úmido
	De 0 a 2	Úmido
	De 0 a -2	Seco
	-2 a -4	Muito Seco
	Abaixo de -4	Extremamente seco

Fonte: Araújo et al,(2009)

4.2.2 Cálculo da distribuição de frequência simples

A fim de se obter a distribuição de frequência simples, foi feita a identificação dos dados equivalentes s precipitações máximas ocorridas nas séries históricas para os postos de cada município.

Em seguida os dados foram agrupados em intervalos de precipitação, sendo eles de 0 a 25 mm, 25 a 50 mm, 50 a 75 mm, 75 a 100 mm e superiores a 100 mm, e depois quantificadas de acordo com a ocorrência por intervalo.

Isso possibilitou a compreensão geral dos dados, não só da quantidade de ocorrência por delimitação de precipitação, mas principalmente, da quantidade das ocorrências de chuvas superiores ou iguais a 50 mm que serão posteriormente utilizadas para a classificação dos níveis de intensidade de precipitação.

4.2.3 Cálculo dos tempos de recorrência

Temos como tempo de recorrência o período de tempo médio (medido em anos) no qual um evento poderá ser igualado ou superado pelo menos uma vez. Esse parâmetro estatístico se mostra muito útil em frente à necessidade de se estimar futuras ocorrências de eventos de cheias e tomar medidas para evitar os desastres que podem ser provocados.

Para a obtenção do tempo de recorrência foram utilizadas as expressões propostas por Kimball e citada por Araújo, et.al (2016), representadas nas equações (4) e (5).

$$P = \frac{m}{n + 1} \quad (4)$$

$$Tr = \frac{1}{P} \quad (5)$$

Onde P é a probabilidade de ocorrência, m é o número de ordem, n é o número de observações e T é o tempo de retorno.

Os dados das séries históricas foram organizados, de modo que fosse possível obter o tempo de retorno baseado, tanto em dados mensais, quanto em dados diários. A obtenção por meio de dados mensais foi feita a partir do valor máximo dentre os totais mensais para cada ano.

Já o tempo de retorno feito com base nos dados diários, foi realizado a partir da identificação da máxima precipitação diária dentre os meses de abril, maio, junho e julho para cada ano, por serem os mais chuvosos para os municípios. Não foi considerada a máxima dentre todas as precipitações diárias devido ao grande número de falhas de medições existentes, e pelo risco da perda de representatividade nos resultados que ocorreria, caso fosse feito o preenchimento de todos esses valores.

4.3 Classificação dos máximos de precipitação

Com o intuito de identificar as precipitações máximas, bem como classificá-las de acordo com as suas magnitudes, foram efetuadas algumas etapas para dos dois municípios em estudo.

A fim de estimar os possíveis valores extremos de chuva para as regiões, foi utilizada a metodologia estatística dos máximos de precipitação, a qual já foi ferramenta de estudo de outros trabalhos como o de Silva (2012); Monteiro (2016); Calvetti (2006) com objetivos similares a este.

Tal metodologia consiste em primeiramente definir um limiar de chuva e a partir deste criar classes de intensidade para precipitações. Dessa forma o estudo é feito de acordo com eventos que realmente poderiam ser considerados como de grande magnitude.

Calvetti, et al (2016), criou categorias para a chuva, baseadas em dados de precipitações diárias e os impactos que elas podem gerar em regiões (Tabela 3). Por meio disso, ele classificou as chuvas extremas como sendo as superiores a 50mm levando em consideração as precipitações diárias, uma vez que esse acumulado de chuva já pode ser considerado suficiente para provocar algum tipo de impacto em municípios com alta urbanização e populações vulneráveis.

Dessa forma, assim como nos trabalhos anteriores que aplicaram a metodologia dos máximos de precipitação, e baseando nas categorias citadas por Calvetti (2016), o limiar adotado para a caracterização dos níveis de intensidade de chuvas, também foi de 50 mm.

Tabela 3-Categorias de chuva baseada nas precipitações diárias

CATEGORIAS	PRECIPITAÇÕES
Chuvisco	De 2,5 mm
Chuva fraca	De 2,5mm á 10mm
Chuva moderada	De 10 mm á 25 mm
Chuva forte	De 25mm á 50 mm
Chuva extrema	Acima de 50 mm

Fonte : Adaptado de Calvetti (2016)

Após a definição do limiar para a caracterização de chuva, foi iniciada a análise das séries históricas de precipitação para os dois municípios, por meio dos dados fornecidos no portal Hidro Web, que tem como responsável a ANA.






Assim como feito por Silva (2012), a classificação das intensidades da chuva foi baseada nos valores de média e desvio padrão das chuvas máximas. Para isso, foi necessário primeiramente organizar os dados das séries históricas de precipitação com o auxílio de planilha eletrônica.

Em cada posto, para cada mês do período da análise, foram verificadas as maiores precipitações diárias (24 horas), e estas foram colocadas em ordem decrescente, afim de melhor identificação dos valores máximos que caracterizam as chuvas mais extremas. Em seguida, para os acumulados de chuva superiores ou iguais a 50mm foram feitos os cálculos de média e desvio padrão.

É válido mencionar que o cálculo das médias utilizando apenas os acumulados de chuvas acima de 50mm, evita que os dados sejam mascarados por valores muito baixos de precipitação ou muito altos, o que aconteceria se a média fosse feita levando em consideração todos os dados mensais.

Após ter sido obtido os valores das médias e desvios padrões para as séries pluviométricas dos postos, esses foram utilizados em fórmulas para as definições dos níveis de intensidade dos eventos extremos (Tabela 4).

Tabela 4- Fórmulas usadas na classificação dos níveis de precipitações extremas

	Normal	$P < \bar{M}_{\text{máx}}$
	Nível I	$\bar{M}_{\text{máx}} \leq P < \bar{M}_{\text{máx}} + 1\sigma$
	Nível II	$\bar{M}_{\text{máx}} + 1\sigma \leq P < \bar{M}_{\text{máx}} + 2\sigma$
	Nível III	$\bar{M}_{\text{máx}} + 2\sigma \leq P < \bar{M}_{\text{máx}} + 3\sigma$
	Nível IV	$\bar{M}_{\text{máx}} + 3\sigma \geq P$

Fonte : Autor / baseado em Silva 2012

Onde, $\bar{M}_{\text{Máx}}$: Média dos maiores registros de precipitação, acima de 50mm

P: Precipitação a ser analisada

σ : Desvio padrão dos máximos

O Nível I, para os totais de precipitação representa as chuvas de intensidade pequena, caracterizando o mínimo valor que já seja capaz de gerar a ocorrência de um desastre, quer seja ambiental, ou no âmbito socioeconômico. Foram considerados nesse nível os valores de precipitação maiores ou iguais a média dos valores máximos e ao mesmo tempo menores que a média dos máximos adicionada do desvio padrão.

Já o Nível II enquadra os acumulados de chuvas diárias de intensidade média. Para ele, foram considerados os valores de precipitação maiores ou iguais que a média dos máximos adicionada do desvio padrão e ao mesmo tempo menores que a média dos máximos adicionado do dobro do desvio padrão.

Foram consideradas como precipitações de nível III aquelas de intensidade grande, cujos valores dos acumulados de chuva eram maiores ou iguais que a média dos máximos adicionada ao dobro do desvio padrão e ao mesmo tempo menores que a média dos máximos adicionada ao triplo do desvio padrão.

E por fim foram identificadas as precipitações de Nível IV, de intensidade muito grande, caracterizando eventos extremos de precipitação e a ameaças para desastres. Os acumulados de chuva enquadrados nesse nível foram os de valores maiores ou iguais a soma da média dos máximos como o triplo do desvio padrão.

Para cada posto analisado, foram identificados os dias sem medições de precipitação, e estes foram desconsiderados.

4.4 Análise conjunta dos dados

Ao se colocar os acumulados de chuva de cada posto em ordem decrescente, foram separadas as dez maiores precipitações dentre as maiores que 50 mm anteriormente destacadas, e identificadas as respectivas datas de ocorrência.

Dessa forma, analisando em conjunto os dados dos três postos pluviométricos estudados, foi possível constatar em que anos e meses os eventos extremos foram mais frequentes.

Além disso, foi possível correlacionar os períodos ocorridos das maiores precipitações, com a classificação feita para os anos na análise do IAC. Buscou-se verificar, se nos anos em que ocorreram precipitações de alto Nível de intensidade, foram encontrados valores para o IAC que o caracterizariam como ano úmido.

4.5 Identificação dos desastres hidrológicos relacionados

Com a finalidade de identificar registros de ocorrências dos desastres hidrológicos, nos períodos em que foi caracterizada a ocorrência de chuvas extremas, assim como nos anos classificados como úmidos, foram realizadas algumas etapas.

Primeiramente foi realizada uma busca dos registros presentes no Atlas Brasileiro de Desastres naturais ocorridos entre 1991 a 2012, com relação anos em que ocorreram desastres hidrológicos nos dois municípios.

Em seguida, foram identificados os registros de notícias, relatórios e portarias relacionados as ocorrência dos desastres ocorridos nos dois municípios, armazenados no Sistema Integrado de Informações Sobre Desastres - S2ID.

Além disso, se entrou em contato com os órgãos da Defesa Civil dos dois municípios, a fim de obter informações, dados e relatórios das ocorrências de impactos sofridos pela população de ambos, devido a desastres de inundação, enxurradas e alagamentos.

5. RESULTADOS

5.1 Análise das séries pluviométricas

A partir da análise das séries históricas de cada posto dos municípios, foi possível identificar, inicialmente, os meses que apresentavam falhas nas medições pluviométricas em cada ano das séries. Dessa forma, foi calculado o percentual desses dados faltosos com relação ao total anual das medições apresentadas (Tabela 5).

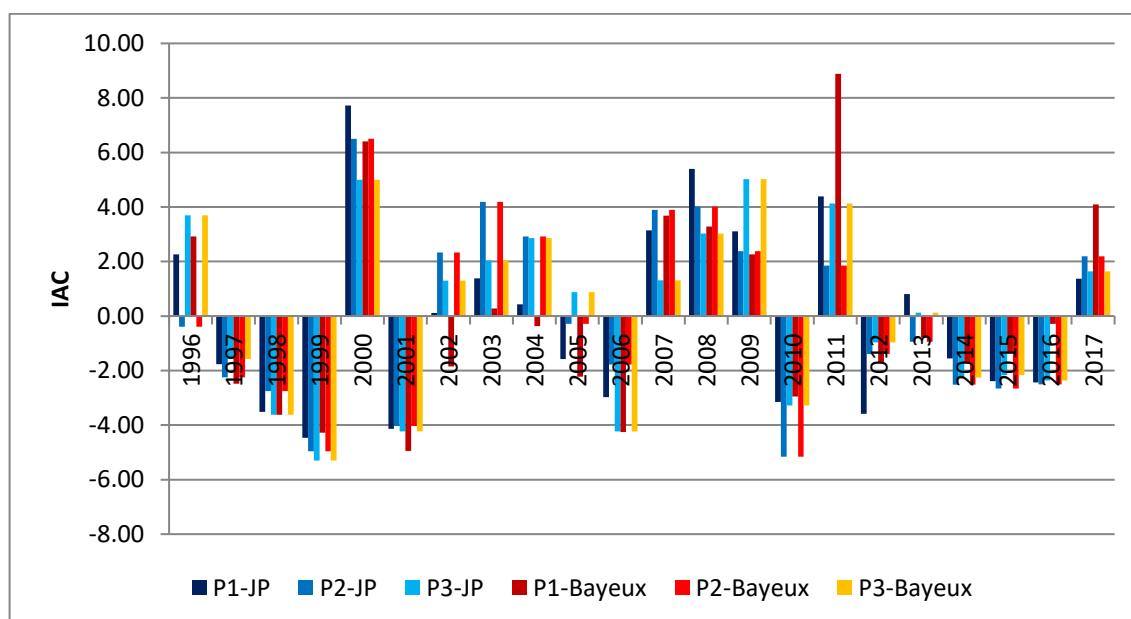
Tabela 5-Percentual de dados faltosos para as séries históricas de precipitação.

Percentual de dados faltosos			
Município	Posto 1	Posto 2	Posto 3
João Pessoa	1,8%	8,0%	1,5%
Bayeux	1,5%	0,0%	10,9%

No município de João Pessoa, o Posto 2 apresentou o maior percentual de falha, com 8% de suas medições. Já para o município de Bayers, o Posto 3 apresentou 10,9% de falhas, representando o posto com maior quantidade de dados preenchidos.

Com a aplicação da metodologia da ponderação regional, os meses sem medições foram preenchidos, e dessa forma foi possível obter os totais anuais de precipitação para cada série histórica e posteriormente os índices de anomalias de precipitação representados nos gráficos (1).

Gráfico 1- IAC dos postos de João Pessoa e Bayers



O gráfico demonstra uma harmonização entre os dois municípios, quanto a seus períodos mais chuvosos e mais secos. Aplicando a metodologia de Araujo et al. (2009) apresentada na Tabela 3, foi possível observar que os anos mais chuvosos para ambos os municípios foram 2000, 2003, 2008, 2009, 2011 e 2017 por apresentarem IAC superiores a 4, caracterizando anos extremamente úmidos. Em contrapartida, os anos 1999, 2001, 2006 e 2010 apresentaram IAC abaixo de -4, representando assim anos extremamente secos.

Também foi constatado que, após o ano de 2011, caracterizado como úmido, no período entre 2012 e 2016 predominaram valores para IAC negativos, trazendo atenção para um período mais seco nos municípios. Já o período compreendido entre 2002 e 2009, com exceção do ano 2006, demonstram predominância de chuvas, representando assim períodos mais chuvosos nos municípios.

Devido à escolha de postos em diferentes localidades nos municípios, é importante trazer atenção para que em alguns anos as taxas de IAC variaram de positivo a negativo, sendo possível concluir, que para o mesmo município, tiveram regiões que as precipitações foram maiores que outras, evidenciando a variabilidade espacial da precipitação na região.

Por exemplo, o ano de 1996 apresentou para a maioria dos postos dos municípios IAC entre 0 e 2, caracterizando um ano úmido. No entanto, os postos 2 para ambos municípios apresentaram valores abaixo de 0, o que traz evidência para um período seco nas regiões desses postos.

O ano de 2012 também é representativo nessa questão, já que a maioria dos postos para os dois municípios, apresentaram taxas de IAC entre 0 e -2, caracterizando um ano seco. Mas para o Posto 1 do município de João Pessoa, o IAC se encontrou entre -2 e -4, o que trouxe atenção para um período muito seco na região em que ele se encontra. Essas variações também podem ser observadas nos anos de 2002, 2005 e 2013.

5.1.2 Avaliação da distribuição de frequência simples

As precipitações máximas, medidas em cada mês nas séries históricas, foram quantificadas em intervalos tanto para os postos de João Pessoa (gráfico 2) como para os de Bayeux (gráfico 3). Isso tornou possível a identificação da quantidade de ocorrências dos acumulados de chuva, sobretudo, os superiores ou iguais a 50 mm, que posteriormente serão utilizadas na obtenção dos níveis de intensidade de chuva.

Além disso, foram identificados quais intervalos são predominantes em cada município, sendo os acumulados entre 0 e 25 mm os de maiores ocorrência, sendo 350 registros para o município de João Pessoa e 351 para o município de Bayeux.

Com relação aos acumulados de chuva iguais ou superiores a 50 mm, foram identificados para o município de João Pessoa 244 ocorrências. Destas, 116 se encontram entre 50 e 75 mm, caracterizando aproximadamente 47,54% das ocorrências. Já as que estão entre 75 e 100 mm totalizaram 74 registros, representando 30,32% e as que tiveram registros superiores a 100mm, foram 54 ocorrências, sendo aproximadamente 22,13% dos registros.

No município de Bayeux foram identificadas 210 ocorrências, sendo 103 para as precipitações entre 50 e 75 mm, representando 40,04% dos registros. Para as que estão entre 75 e 100 mm foram 70 registros, quanto as superiores a 100mm, foram 27, representando 33,33% e 12,85% das ocorrências respectivamente.

Diante desse cenário, todas as precipitações superiores ou iguais a 50 mm foram posteriormente analisadas e separadas em níveis de intensidade para caracterização das precipitações extremas.

Gráfico 2- Quantidade de ocorrências por intervalos de chuva dentre as precipitações máximas para João Pessoa

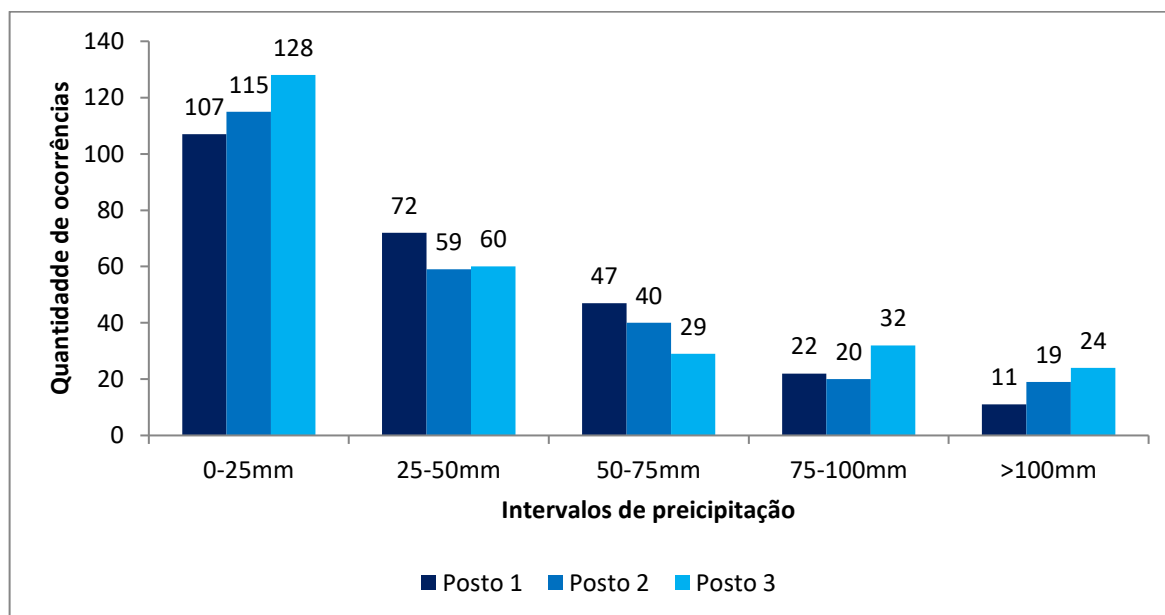
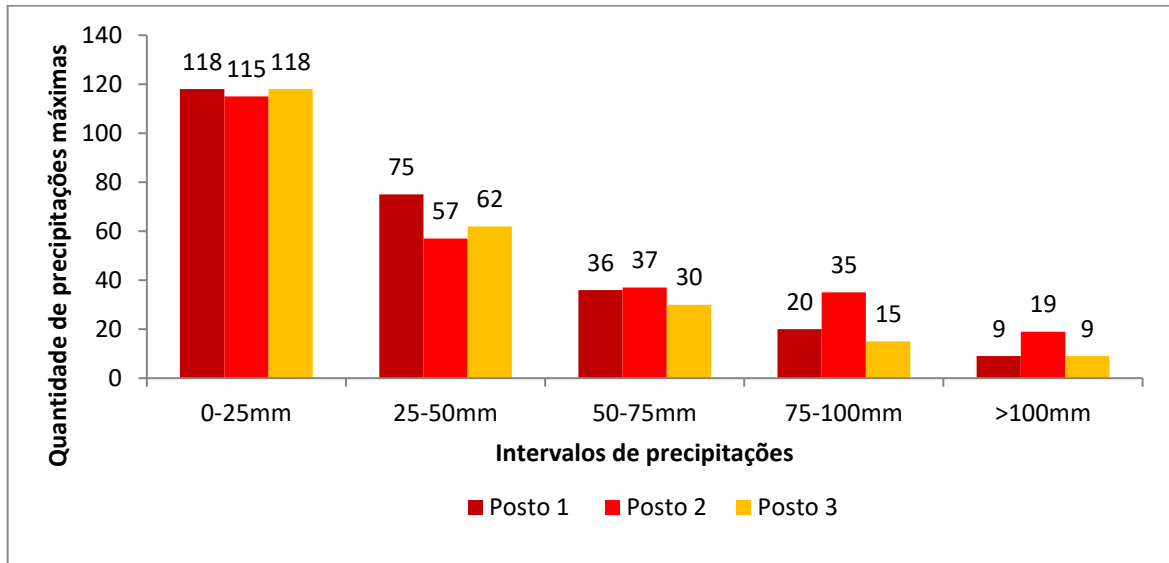


Gráfico 3- Quantidade de ocorrências por intervalos de chuva dentre as precipitações máximas para Bayeux



5.1.3 Avaliação dos tempos de recorrência

A Tabela 6 apresenta os valores máximos dentre os totais mensais de precipitação para cada ano, para o município de João Pessoa, da mesma forma que a Tabela 8 para o município de Bayeux. A partir deles foram obtidos os tempos de recorrência anuais baseado nos totais máximos mensais de precipitação representadas nas Tabelas 6 e na Tabela 8 para cada município.

Nas Tabelas de tempo de retorno, as precipitações referentes aos maiores totais mensais para cada posto, foram colocadas em ordem decrescente a fim de se obter o valor da ordem referente de cada uma. Porém, por meio das Tabelas dos maiores totais mensais, é possível verificar em que anos ocorreram cada precipitação apresentada e comparar com o tempo de retorno equivalente.

Analisando em conjuntos as duas Tabelas para o município de João Pessoa, temos que os maiores valores de precipitações, referentes aos máximos totais mensais, foram de 626,2 mm e 665,4 ambos referente ao ano de 2002 medidos pelos postos 1 e 3 respectivamente, e 599,7 mm referente ao ano de 2007 medido pelo Posto 2. Esses valores apresentaram probabilidade de 4,3% de ocorrência e tempo de recorrência de 23 anos.

Os totais mensais com valores entre 573 mm e 483 mm apresentaram tempo de recorrência variando entre 2 e 6 anos. Para os anos que tiveram seu totais máximos mensais variando entre 472,3 e 183,4 mm o tempo de retorno foram menores que 2 anos.

Fazendo a mesma análise para o município e Bayeux, os maiores valores de precipitação dentre os máximos totais, foram de 540,6 mm, 637,6 mm e 507 mm ambos para o ano de 2012 medidos nos três postos do município. Com relação aos totais mensais para com tempo de recorrência entre 2 e 6 anos foram verificados valores entre 575 mm e 335 mm. Já para os anos em que seus totais mensais foram medidos entre 444 mm e 247 mm tiveram tempo de retorno inferiores a 2 anos .

Tabela 7- Maiores valores de total mensal por ano para o Município de João Pessoa

MAIOR TOTAL MENSAL POR ANO PARA JOÃO PESSOA			
Ano	Posto 1	Posto 2	Posto 3
1996	504	428,5	270,5
1997	306,4	322,4	322,6
1998	286,7	260,2	313,5
1999	247,3	245,8	183,4
2000	267,2	276,3	312,8
2001	472,3	447,2	577,9
2002	626,2	425,7	665,4
2003	483,1	352,1	511,0
2004	483,1	352,1	511,0
2005	573,3	380,7	498,9
2006	271,2	314,9	357,9
2007	573,7	599,7	623,8
2008	397,4	420,3	392,8
2009	547,4	408,1	563,9
2010	256,3	269,3	210,4
2011	484,7	519	453,7
2012	538,1	480,7	572,3
2013	488,7	421,3	431,8
2014	265	243,6	258,5
2015	406,6	311,1	376,1
2016	374,3	294,9	355,6
2017	493,8	513,6	503,8

Tabela 6- Tempo de Retorno na Base Mensal ara o Município de João Pessoa

TEMPO DE RETORNO NA BASE DE DADOS MENSAIS PARA JOÃO PESSOA				
Precipitações			P	Tr
Posto 1	Posto 2	Posto 3		
626,2	599,7	665,4	4,3%	23,0
573,7	519	623,8	8,7%	11,5
573,3	513,6	577,9	13,0%	7,7
547,4	480,7	572,3	17,4%	5,8
538,1	447,2	563,9	21,7%	4,6
504	428,5	511,0	26,1%	3,8
493,8	425,7	511,0	30,4%	3,3
488,7	421,3	503,8	34,8%	2,9
484,7	420,3	498,9	39,1%	2,6
483,1	408,1	453,7	43,5%	2,3
483,1	380,7	431,8	47,8%	2,1
472,3	352,1	392,8	52,2%	1,9
406,6	352,1	376,1	56,5%	1,8
397,4	322,4	357,9	60,9%	1,6
374,3	314,9	355,6	65,2%	1,5
306,4	311,1	322,6	69,6%	1,4
286,7	294,9	313,5	73,9%	1,4
271,2	276,3	312,8	78,3%	1,3
267,2	269,3	270,5	82,6%	1,2
265	260,2	258,5	87,0%	1,2
256,3	245,8	210,4	91,3%	1,1
247,3	243,6	183,4	95,7%	1,0

Tabela 9- Maiores valores de total mensal por ano para o município de Bayeux

MAIOR TOTAL MENSAL POR ANO PARA BAYEUX (mm)			
Ano	Posto 1	Posto 2	Posto 3
1996	437,5	444	389,3
1997	275,7	316,5	318,9
1998	201,0	263,3	127,5
1999	193,1	247,1	190,7
2000	352,9	515	359,7
2001	228,5	267,2	177,5
2002	367,6	470,8	370,5
2003	440,4	626,2	372,5
2004	324,0	482,2	224,1
2005	347,9	575,3	312,8
2006	249,4	270,5	150,2
2007	521,8	573,7	475,7
2008	359,7	397,4	253,5
2009	365,4	540,4	374,2
2010	226,2	250,5	196,4
2011	507,1	484,7	444,9
2012	540,6	637,6	507,0
2013	325,6	460,5	335,8
2014	235,4	265	229,1
2015	353,1	406,1	251,9
2016	403,1	385,7	356,3
2017	515,6	586,6	461,5

Tabela 8-Tempo de retorno com base nos dados mensais para o município de Bayeux

TEMPO DE RETORNO NA BASE DE DADOS MENSIS PARA BAYEUX				
Precipitações			P	Tr
Posto 1	Posto 2	Posto 3		
540,6	637,6	507,0	4,3%	23,0
521,8	626,2	475,7	8,7%	11,5
515,6	586,6	461,5	13,0%	7,7
507,1	575,3	444,9	17,4%	5,8
440,4	573,7	389,3	21,7%	4,6
437,5	540,4	374,2	26,1%	3,8
403,1	515	372,5	30,4%	3,3
367,6	484,7	370,5	34,8%	2,9
365,4	482,2	359,7	39,1%	2,6
359,7	470,8	356,3	43,5%	2,3
353,1	460,5	335,8	47,8%	2,1
352,9	444	318,9	52,2%	1,9
347,9	406,1	312,8	56,5%	1,8
325,6	397,4	253,5	60,9%	1,6
324,0	385,7	251,9	65,2%	1,5
275,7	316,5	229,1	69,6%	1,4
249,4	270,5	224,1	73,9%	1,4
235,4	267,2	196,4	78,3%	1,3
228,5	265	190,7	82,6%	1,2
226,2	263,3	177,5	87,0%	1,2
201,0	250,5	150,2	91,3%	1,1
193,1	247,1	127,5	95,7%	1,0

A Tabela 10 apresenta os valores máximos de precipitações diárias dentre as precipitações dos meses de Abril, Maio, Junho e Julho, considerado com períodos chuvosos para cada ano, para o município de João Pessoa, da mesma forma que a Tabela 12 para o município de Bayeux. A partir deles, foram obtidos os tempos de recorrência representados nas Tabelas 11 e 13 para cada município.

As maiores dentre as máximas precipitações diárias para João pessoa, foram as de 182,6 mm ocorrida no ano de 2000 e medida pelo Posto 1, assim como as de 254 mm e 190,9 ocorridas ambas em 1996 medidas pelos postos 2 e 3 respectivamente. As mesmas apresentaram tempo de recorrência igual a 23 anos e probabilidade de ocorrência de 4,3%.

Os cálculos dos tempos de recorrência para as precipitações registradas no município de Bayeux, só foi possível ser feito para os postos 1 e 2. Isso por que, na identificação das precipitações máximas diárias para os meses mais chuvosos, os que não apresentavam

medições eram preenchidos com base na metodologia para o preenchimento das falhas apresentada. No entanto, para o Posto 3, os anos de 1997 e 1998 não apresentavam medições para nenhum dos meses para o período chuvoso e dessa forma não foi possível fazer o preenchimento. Sendo assim, para que não perdesse a representatividade dos cálculos, também não foram realizados os cálculos tempo de recorrência para os outros anos.

As maiores dentre as máximas precipitações diárias Bayeux, foram as de 168 mm ocorrida no ano de 2012 e medida pelo Posto 1 e 190mm registrada no ano de 1996 para o posto 2. As mesmas apresentaram tempo de recorrência igual a 23 anos e probabilidade de ocorrência de 4,3%.

Tabela 11-Precipitações Máximas diárias dentre o período chuvoso para o Município de João Pessoa

PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS DIÁRIAS POR ANO PARA JOÃO PESSOA (mm)			
Ano	Posto 1	Posto 2	Posto 3
1996	113,0	254,0	190,9
1997	72,2	62,2	186,0
1998	94,0	106,4	165,0
1999	70,8	59,4	151,6
2000	182,6	139,6	146,6
2001	59,8	70,8	140,4
2002	85,5	138,6	139,2
2003	90,2	114,0	132,2
2004	77,0	114,6	131,7
2005	71,4	87,2	129,8
2006	68,2	63,6	116,7
2007	139,0	115,6	105,4
2008	98,0	150,7	99,7
2009	98,9	97,6	90,7
2010	65,0	58,2	89,4
2011	128,0	94,8	85,0
2012	139,6	138,0	75,5
2013	98,4	95,3	64,0
2014	56,6	83,8	60,5
2015	47,4	65,8	56,8
2016	97,0	121,8	51,0
2017	139,0	136,5	43,0

Tabela 10-Tempo de Recorrência Baseado nas máximas diárias do período chuvoso para o Município de João Pessoa

TEMPO DE RECORRÊNCIA BASEADO NAS MÁXIMAS DIÁRIAS PARA JOÃO PESSOA			TR
P_{máx}			
P1	P2	P3	
182,6	254,0	190,9	23,0
139,6	150,7	186,0	11,5
139	139,6	165,0	7,7
139	138,6	151,6	5,8
128	138,0	146,6	4,6
113	136,5	140,4	3,8
98,9	121,8	139,2	3,3
98,4	115,6	132,2	2,9
98	114,6	131,7	2,6
97	114,0	129,8	2,3
94	106,4	116,7	2,1
90,2	97,6	105,4	1,9
85,5	95,3	99,7	1,8
77	94,8	90,7	1,6
72,2	87,2	89,4	1,5
71,4	83,8	85,0	1,4
70,8	70,8	75,5	1,4
68,2	65,8	64,0	1,3
65	63,6	60,5	1,2
59,8	62,2	56,8	1,2
56,6	59,4	51,0	1,1
47,4	58,2	43,0	1,0

Tabela 12- Precipitações Máximas diárias dentre o período chuvoso para o Município de Bayeux

PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS DIÁRIAS POR ANO PARA BAYEUX			
Ano	Posto 1	Posto 2	Posto 3
1996	97,8	190	249,8
1997	58,0	62,2	-
1998	76,0	77,2	-
1999	63,8	60,5	65,2
2000	85,4	157,8	113,6
2001	67,0	56,8	50,5
2002	83,0	89,4	69,3
2003	97,5	103,4	81,6
2004	50,0	116,7	43,7
2005	50,0	116,7	41,0
2006	47,6	51,4	34,2
2007	104,2	105,4	115,4
2008	101,0	139,2	84,4
2009	102,2	129,9	94,7
2010	77,8	43	51,0
2011	124,4	165	123,5
2012	168,0	183	128,6
2013	93,8	123,6	90,3
2014	65,0	75,5	79,8
2015	57,8	72,9	34,9
2016	151,5	147,4	156,7
2017	149,5	131,9	166,0

Tabela 13-Tempo de Recorrência Baseado nas máximas diárias do período chuvoso para o Município de Bayeux

TEMPO DE RECORRÊNCIA BASEADO NAS MÁXIMAS DIÁRIAS PARA BAYEUX			
P _{máx}			TR
P1	P2	P3	
168	190,0		23,0
151,5	183,0		11,5
149,5	165,0		7,7
124,4	157,8		5,8
104,2	147,4		4,6
102,2	139,2		3,8
101	131,9		3,3
97,8	129,9		2,9
97,5	123,6		2,6
93,8	116,7		2,3
85,4	116,7		2,1
83	105,4		1,9
77,8	103,4		1,8
76	89,4		1,6
67	77,2		1,5
65	75,5		1,4
63,8	72,9		1,4
58	62,2		1,3
57,8	60,5		1,2
50	56,8		1,2
50	51,4		1,1
47,6	43,0		1,0

5.1 Classificação dos Níveis de intensidade

As médias das precipitações máximas acima de 50 mm são apresentadas na Tabela 14 para os dois municípios. Nos postos pluviométricos de João Pessoa, os valores variaram entre 78,44 e 89,91 mm, com desvios padrões que variaram entre 26,67 e 31,47. Isso ocorre, porque as maiores precipitações máximas das séries históricas do município, foram de 182,6 mm para o Posto 1, 201 mm para o posto 2 e 186 para o posto 3.

Não houve grandes diferenças entre os três postos pluviométricos de João Pessoa e os da cidade de Bayeux. As médias de precipitação para o município variaram entre 85,75 e 78,56 mm com desvio padrões que variaram entre 28,92 e 27,43.

As precipitações máximas que contribuíram para esses valores foram de 168 mm para o Posto 1, 190 mm para o Posto 2 e 166 mm para o Posto 3.

A partir desses dados obtidos, foi possível observar que as médias dos máximos dos acumulados de chuvas para ambos os municípios estão entre 78 e 85 mm. E dessa forma, os limites de intensidade para a classificação das precipitações também tiveram intervalos próximos para cada nível para os dois municípios.

Tabela 14-Médias e desvio padrão para as séries históricas dos postos de João Pessoa

Postos de João Pessoa			
Posto	Estação	M ¹ máx	σ
1	Marés	78,44	26,67
2	Mangabeira	85,48	31,47
3	João Pessoa	89,91	29,69
Postos de Bayeux			
Posto	Estação	M ¹ máx	σ
1	Bayeux	85,75	28,92
2	São Bento	85,58	29,23
3	Jardim Planalto	78,56	27,43

De acordo com a metodologia proposta, a classificação para os diferentes níveis é apresentada na Tabela 15. Em todos os casos, os limites são bem parecidos, indicando pouca variabilidade espacial dos eventos que causaram as maiores precipitações.

Tabela 15- Classificação de eventos extremos de chuva baseada nas médias dos máximos e os limites de intensidade de precipitação.

João Pessoa					
Posto	Normal	Nível I	Nível II	Nível III	Nível IV
1	$P < 78,44$	$78,44 \leq P < 105,11$	$105,11 \leq P < 131,78$	$131,78 \leq P < 158,45$	$P \geq 158,45$
2	$P < 85,48$	$85,48 \leq P < 116,95$	$116,95 \leq P < 148,41$	$148,41 \leq P < 179,88$	$P \geq 179,88$
3	$P < 89,91$	$89,91 \leq P < 119,61$	$119,61 \leq P < 149,30$	$149,30 \leq P < 178,99$	$P \geq 178,99$
Bayeux					
Posto	Normal	Nível I	Nível II	Nível III	Nível IV
1	$P < 85,75$	$85,75 \leq P < 105,01$	$105,01 \leq P < 130,84$	$130,84 \leq P < 156,66$	$P \geq 156,66$
2	$P < 85,58$	$85,58 \leq P < 114,82$	$114,82 \leq P < 144,05$	$144,05 \leq P < 173,29$	$P \geq 159,52$
3	$P < 78,56$	$78,56 \leq P < 105,99$	$105,99 \leq P < 133,43$	$133,43 \leq P < 160,86$	$P \geq 160,86$

As chuvas classificadas como normais para os dois municípios, tiveram valores muito próximos, uma vez que são determinadas por meio das médias das chuvas máximas para cada município, e estas se mostraram semelhantes como supracitado.

Porém, levando em consideração a variabilidade espacial dos postos, e a conseqüente variação dos valores registrados para médias e desvios padrão das precipitações máximas, podem-se observar variações mesmo que pequenas entre os níveis que delimitam a classificação dos níveis.

Para o município de João Pessoa, os valores para a classificação das chuvas normais, variaram entre os postos, de modo a serem representados por valores de precipitação inferiores a 78,44 mm para o Posto 1, a 85,48 para o Posto 2 e inferiores a 89,91 mm para o Posto 3.

Na classificação das chuvas normais para o município de Bayeux, foram observados valores limitantes muito próximos as de João Pessoa, pois foram representados por precipitações inferiores a 85,48 mm para o Posto 1, 85,58 mm para o Posto 2 e 89,91 mm para o Posto 3.

Para as chuvas de Nível I, aquelas que já são capazes de ocasionar desastres, no município de João Pessoa, os limites inferiores para os três postos variaram entre de 78,44 e 89,91 mm. Quanto aos limites superiores ficaram entre 105,1 e 119,61 mm. Para o município de Bayeux, as chuvas classificadas nesse nível, continuaram a se harmonizar com os de João Pessoa, já que os limites inferiores para os postos foram representados entre 78,56mm e 85,75 e limites inferiores variando entre 105,01 e 114,82 mm.

As chuvas de Nível II, que caracterizam chuvas de intensidade média, foram classificadas para o município de João Pessoa, com variações dentre os postos para o limite inferior de 105,11 a 119,61mm e de 131,78 a 149,30 mm para o limite superior. Para o município de Bayeux, as chuvas nesse nível foram caracterizadas por variações nos limite inferior de 105,01 a 114,82mm e para níveis superiores de 130,84 a 144,05mm.

Com relação às chuvas de Nível III, as de grande intensidade, assim como nas classificações dos outros Níveis para João Pessoa, o Posto 1 apresentou valores menores para os limites do que os outros postos, sendo eles maiores ou iguais a 131,78 e ao mesmo tempo menores que 158,45mm. Para os outros postos as variações para o limite foram de menos de 1 mm de precipitação tendo valores médios entre eles de 148,41 mm para limite inferior e 179,88 para o limite superior. Para o município de Bayeux, as chuvas classificadas nesse Nível se apresentaram variações para o limite inferior de 130,84 a 144,05 mm e para o limite superior de 156,66 a 173,29 mm.

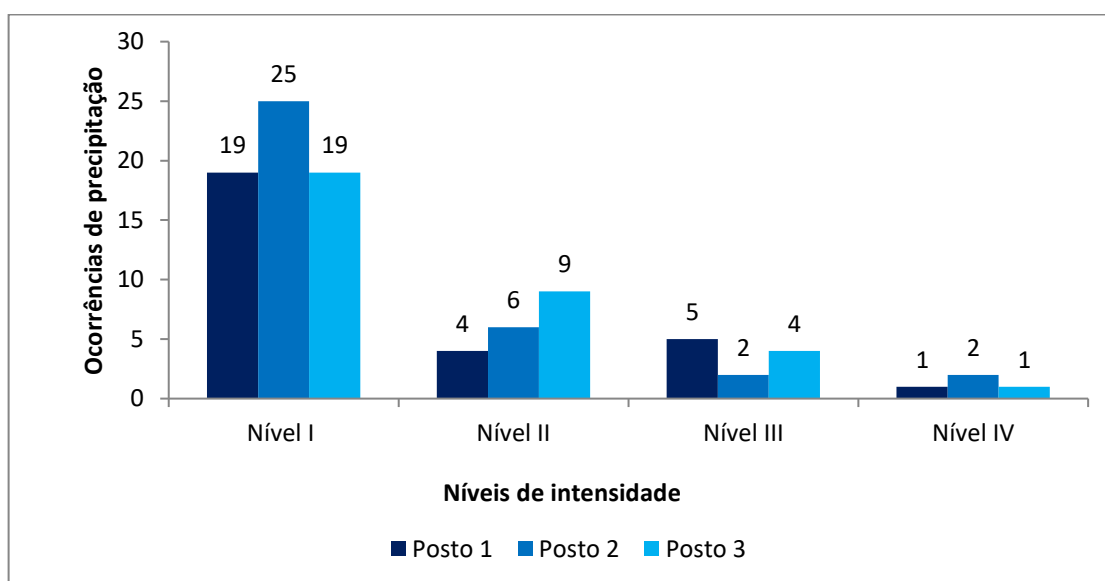
Com relação às chuvas de Nível IV, para João Pessoa os postos 2 e 3 tiveram valores de medição mais próximos para caracterização das chuvas nesse nível, sendo elas superiores a 179,88mm e a 178,99 respectivamente .

Já o posto 1 apresentou uma valor menor para a caracterização desse nível, sendo precipitações superiores a 158,45mm, suficientes para caracterizar chuvas de Nível IV.

Já para o município de Bayeux, as chuvas classificadas de Nível IV tiveram os limites próximos em todos os postos, sendo caracterizadas pelas precipitações superiores a um valor médio de 159,01 mm.

A identificação dos valores que delimitam os níveis de intensidade, tornou possível quantificar as ocorrências de precipitações, superiores ou iguais a 50mm, que se enquadravam em cada nível. O Gráfico 4 apresenta a quantidade de precipitação por nível, ocorridas no município de João Pessoa, para cada posto. Levando em consideração que os postos estão localizados em partes diferentes das cidades, as medições de chuva neles podem mudar de acordo com as condições ambientais da sua localidade. Isso pode ser observado na diferença de quantidade de precipitação por nível para os três postos. Por exemplo, para as chuvas de Nível II, o Posto 1 apresentou quatro ocorrências de precipitações, já os Postos 2 e 3 apresentaram seis e nove ocorrências, respectivamente.

Gráfico 4- Ocorrências de precipitações para cada nível de intensidade para o município de João Pessoa

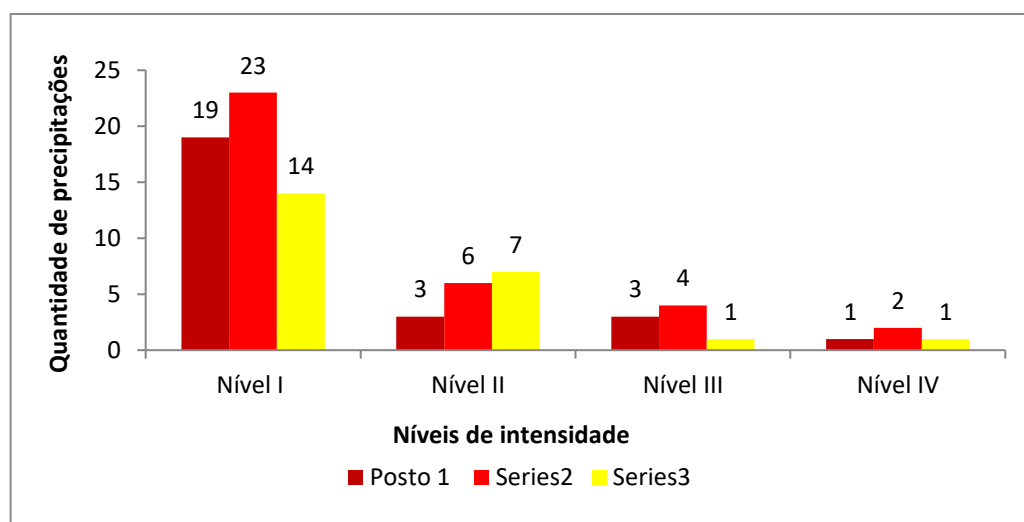


Já para as chuvas de maior intensidade, no Nível III foram identificadas 11(onze) medições, sendo 5 (cinco) no posto 1, 2 (duas) no posto 2, e 4 (quatro) no posto 3.

Para as chuvas extremas, de Nível IV foram identificadas, 4 (quatro) ocorrências, sendo 1 (uma) tanto para o posto 1 quanto para o posto 3, e 2(duas) ocorrências para o posto 2.

O Gráfico 5 traz a quantidade de precipitação por nível, ocorridas no município de Bayeux, para cada posto. A chuvas de Nível IV tiveram a mesma distribuição que os postos de João Pessoa, totalizando 4 (ocorrências). Já as de Nível III, foram identificadas 8 (oito) ocorrências, sendo 3 (três) no posto 1, 4 (quatro) no posto 2 e 1 (uma) no posto 3.

Gráfico 5-Ocorrências de precipitações para cada nível de intensidade para Bayeux



5.2 Análise Conjunta

A Tabela 17 traz as 10 (dez) maiores precipitações dentre as máximas, para o município de João Pessoa, e a classificação de acordo com o Gráfico 1. Nela é possível observar os anos em que ocorreram os maiores eventos de precipitação, sendo em sua maioria chuvas de Nível III e IV.

As chuvas de Nível IV ocorreram nos anos 1996, 2000 e 2013. É interessante notar que o ano de 2000 apresentou IAC superior a 4 caracterizando um ano extremamente úmido.

Os resultados obtidos com a classificação dos níveis de intensidade de chuva se mostraram em harmonia com isso, já que o ano apresentou a ocorrência de uma chuva extrema no mês de junho com 182,6mm de precipitação, e outras 3 (três) ocorrências de chuvas intensas de Nível III.

Em contrapartida, no ano de 2013, os postos apresentaram valores para o IAC próximos de 0 (zero) indicando que seria um ano seco, ou apenas úmido. Porém, a Tabela 16 mostra que nesse ano teve a ocorrência de uma chuva extrema de 189,4 mm de precipitação no mês de setembro, além de ocorrências de chuvas de Nível III.

Com relação aos meses de maior ocorrência, foi possível constatar que os meses de maio e junho são os que possuem maior incidência de eventos extremos, tendo em sua maioria chuvas de nível III.

Tabela 16-Dez maiores eventos de precipitação no município de João Pessoa e classificação do ano de ocorrência com base no IAC

JOÃO PESSOA				
Data de ocorrência	Precipitação (mm)			Classificação do ano com base no IAC
	Posto 1	Posto 2	Posto 3	
30/05/1996	113	201	186	Muito Úmido
09/08/1998	-	138,4	-	Muito Seco
26/06/2000	182,6	139,6	168,2	Extremamente úmido
04/09/2000	150	-	-	Extremamente úmido
18/09/2000	142	-	-	Extremamente úmido
10/07/2002	-	134,2	-	Úmido
24/02/2003	116,4	149	-	Úmido
03/06/2007	139	-	-	Muito Úmido
16/06/2008	-	150,7	139,2	Muito Úmido
01/04/2009	-	-	129,9	Muito Úmido
23/05/2009	-	-	146,6	Muito Úmido
13/04/2011	109,4	-	-	Muito Úmido
20/05/2011	-	-	165	Muito Úmido
20/06/2012	-	138	-	Seco
28/06/2012	139,6	-	151,6	Seco
09/06/2013	-	-	132,2	Seco
04/09/2013	-	189,4	159,2	Seco
31/05/2016	-	121,8	-	Seco
03/05/2017	139	136,5	-	Úmido
13/07/2017	128	-	-	Úmido
29/05/2017	-	-	140,4	Úmido

A Tabela 17 traz os dez maiores eventos de precipitação dentre as máximas, para o município de Bayeux e a classificação dos anos baseada no Gráfico 1.

As chuvas de Nível IV foram constatadas nos anos 1996, 2012, e 2017 totalizando quatro registros. Embora o ano de 2012 tenha apresentado valores de IAC entre 0 e -2 caracterizando um ano seco, a metade dos eventos extremos identificados nesse Nível ocorreram nele, com precipitações de 168 mm e 183 mm ambas no mês de Junho.

Tabela 17- Dez maiores eventos de precipitações no município de Bayeux e classificação do ano de ocorrência com base no IAC

BAYEUX				
Data de ocorrência	Precipitação (mm)			Classificação do ano com base no IAC
	Posto 1	Posto 2	Posto 3	
29/05/1996	-	-	120	Muito Úmido
30/05/1996	-	190	-	Muito Úmido
26/01/1998	123,4	-	-	Muito Seco
18/09/2000	102	-	113,9	Extremamente úmido
26/06/2000	-	157,8	113,6	Extremamente úmido
19/05/2005	-	129,8	-	Seco
03/06/2007	-	-	115,4	Muito Úmido
16/06/2008	-	139,2	-	Muito Úmido
30/01/2009	-	-	99,5	Úmido
16/03/2009	124,4	-	-	Úmido
23/04/2009	-	129,9	-	Úmido
05/07/2009	102,2	-	-	Úmido
13/04/2011	122	-	123,5	Úmido
20/05/2011	-	165	-	Úmido
04/06/2012	-	183	-	Seco
28/06/2012	168	-	128,6	Seco
04/09/2013	130,9	159,2	112,3	Seco
16/04/2016	-	147,4	-	Seco
17/04/2016	151,5	-	156,7	Seco
29/05/2017	149,5	-	-	Úmido
03/05/2017	-	131,9	166	Úmido
03/06/2017	104,2	-	-	Úmido

Para o ano de 2017, os valores obtidos para IAC nos postos, foram condizentes com a ocorrência de eventos no ano, já que foi caracterizado como ano úmido e apresentou uma precipitação de 166 mm de Nível IV e outras duas de Nível III.

O ano de 1996, também apresentou precipitações compatíveis com os valores obtidos de IAC. Foi identificada uma chuva de Nível IV no mês de maio de 166 m, e é interessante

notar que ela ocorreu no dia 30 (trinta) e no dia anterior ocorreu uma chuva de Nível III de 120 mm trazendo a possibilidade de precipitações de elevado tempo de duração.

Também é possível observar a ocorrência de chuvas intensas em períodos secos, nos anos de 2013 e 2016, já que embora tenham apresentado valores pra IAC abaixo de 0, e foram dois anos representativos no que diz respeito a ocorrências de chuvas de intensidade Nível III.

Mesmo sendo municípios vizinhos, com relação aos meses de maiores ocorrências de chuvas intensas, além de maio e junho que foram os meses identificados para João pessoa, o mês de abril também foi alvo das ocorrências de chuvas extremas no município de Bayeux.

Analisando agora em conjunto as duas Tabelas de precipitações, foi possível identificar 8 (oito) precipitações de Nível III e IV ocorrendo no mesmo dia para os dois municípios. As datas em que isso ocorreu foram:

- 26/06/2000
- 13/04/2011 e 20/04/2011
- 28/06/2012
- 4/09/2013
- 3/05/2017 e 29/05/2017

Embora os outros eventos não tenham ocorrido nas mesmas datas, os municípios também tiveram similaridade quanto aos anos de maiores ocorrências, tendo harmonia quanto a anos secos e anos mais chuvosos, comprovando o que foi constatado no Gráfico 1 para valores do IAC.

5.3 Identificação dos desastres hidrológicos decorrentes dos eventos extremos

Nos registros do Atlas Brasileiro de desastres ambientais, ocorridos entre 1991 a 2012, foram constatadas para o município de João Pessoa 1 (uma) ocorrência de enxurradas em 2004, e 4 (quatro) ocorrências de inundações, sendo uma delas no ano de 2000 e 3 (três) no ano de 2011.

Embora o ano de 2004 tenha sido destaque por ocorrência de enxurradas e inundações por todo o Brasil, principalmente nos meses de Janeiro e Fevereiro, as chuvas do ano não foram destacadas dentre os 10 maiores eventos de precipitação para o município de João Pessoa (Tabela 17).

Porém os acumulados de chuva nos meses de junho e julho, registrados nas séries históricas dos postos analisados no município, tiveram valores que dentro da classificação para níveis de intensidade (Tabela 16) caracterizariam chuvas de Nível I e II. Além disso, o ano apresentou valores para IAC na maioria dos postos entre 2 e 4, o que o caracterizou como ano muito úmido.

Os anos de 2000 e 2011 tiveram ocorrência de precipitações destacadas dentre os 10 maiores eventos de precipitação para o município e destacados por valores de IAC representativos para anos úmidos. As chuvas dos meses de Junho e Setembro de 2000 tiveram valores que de acordo com classificação de intensidade (Tabela 16) poderiam ser classificadas como chuvas de Nível III e IV, ou seja, chuvas de grande intensidade. Já o ano de 2011, foi marcado por registros em suas séries históricas de chuvas intensas, principalmente nos meses de Maio e Abril.

Para o município de Bayeux foram registrados no Atlas 2 (duas) ocorrências de enxurradas, uma em 2004 e a outra em 2006, e 2 (dois) registros de inundações no ano de 2011. As chuvas de 2004 também não foram registradas dentre as dez maiores ocorrências de chuvas intensas para o município, de acordo com a Tabela 18. As maiores precipitações registradas pelas medições dos postos pluviométricos para esse ano, foram nos meses de Junho e Julho. Vale ressaltar que o ano de 2006 foi caracterizado como um ano seco, de acordo com o seu IAC, e embora não tenha tido registros de precipitações extremas, o S2ID também registrou a ocorrência de desastres nesse ano.

Já o ano de 2011, assim como para o município de João Pessoa, foi marcado por chuvas intensas, destacadas entre as 10 maiores ocorrências de precipitação. O posto 1 do município, apresentou valores para o IAC acima de 4, o que caracteriza o ano como extremamente úmido.

Fazendo uso do banco de dados do S2ID, das informações fornecidas pela Defesa Civil dos municípios e de notícias em mídias digitais, foram destacados alguns dos episódios registrados de desastres hidrológicos ocorridos, tanto nos anos identificados pelo Atlas, como para alguns dos eventos de chuvas extremas, identificados pela aplicação da metodologia estatística dos máximos de precipitação para os dois municípios de acordo com a Tabela 16.

5.3.1 Registros dos desastres hidrológicos ocorridos em João Pessoa

- **14 de Julho de 2000:** Em virtude das intensas precipitações pluviométricas nessa data, e das inundações provocadas, o Ministro de Estado da Integração Nacional, por meio da portaria Nº154 de 10 de agosto de 2000 e baseado nas informações disponibilizadas pela Defesa Civil do município, reconheceu situação de emergência pelo prazo de 30 dias.

- **13 de Abril de 2011:** Uma noticia registrada pelo portal MaisPB e armazenada no banco de dados do S2ID, mostra que nessa data, após chover por três dias seguidos, o rio Jaguaribe transbordou na altura da Avenida Beira Rio e interditou a via.

- **Mai de 2011:** No dia 5 desse mês, em virtude das enchentes ou inundações graduais, o Secretário Nacional de Defesa Civil, por meio da Portaria Nº 297 de Junho e 2011, reconheceu a situação de emergência no município de João Pessoa. Já no dia 20 desse mês, foi registrada uma precipitação de 165 mm, o que permite a classificar como uma chuva de Nível III. Na presença dela muitas casas foram invadidas pelas águas no Bairro de São José, e o Rio Jaguaribe transbordou em diversos trechos, deixando novamente uma das principais vias do município, a José Américo de Almeida, intransitável trazendo grandes transtornos a população.

- **Julho de 2011:** De acordo com as notícias armazenadas no S2ID, dos dias 16 a 18 desse mês, devido a ocorrências de precipitações intensas foram, registradas pelo Corpo de Bombeiros, 45 ocorrências em socorro às vítimas de alagamento e inundações em várias cidades do Estado da Paraíba, dentre eles o município de João Pessoa. Segundo as notícias do Portal O Globo, cerca de 130 famílias tiveram que deixar suas casas.

- **Julho de 2013:** As chuvas ocorreram do dia 01 até o dia 03 desse mês, acumulando aproximadamente 123,6 mm conforme informações oficiais da AESA-PB. Foram provocadas enchentes em rios urbanos, e inundações em residências às margens dos rios causando muitos danos materiais a população. Foram mais de 208.351 habitantes afetados direta ou indiretamente, nas quais 1.942 tiveram suas casas danificadas ou destruídas, e abrigadas temporariamente em abrigos provisório. Além disso, trechos de 12 das principais vias da cidade foram interditados.

- **4 de setembro de 2013:** de acordo com as informações registradas pela defesa civil do município, as chuvas que ocorreram nos dias 3 a 4 desse mês, apresentaram valores de

precipitações intensas, registrada pelos postos com uma média 188,8 mm. Esse valor para acumulados de chuva caracterizam chuvas de intensidade de Nível IV. Diante disso foram registradas ocorrência de alagamentos e inundações provocadas pela elevação do nível dos rios Jaguaribe, Timbó, Cuiá, São Bentinho e Riacho da Bomba, deixando 1142 famílias afetadas .

A figura 12 comprova os registros do relatório técnico da defesa civil do município referente aos eventos de precipitação, que resultaram em inundações nas comunidades de São José e Chatuba, deixando inúmeras famílias afetadas.

Figura 12- Registros da atuação da Defesa Civil após a ocorrência de inundações nas comunidades de São José e Chatuba



Fonte: Defesa Civil do Município de João Pessoa (2013)

5.3.2 Registros dos desastres hidrológicos ocorridos em Bayeux

A identificação dos registros de notícias dos desastres hidrológicos no município de Bayeux, no período da análise, ocorreu de forma limitada. Isto por que, ao entrar em contato com a Defesa Civil do município, foi informado que os dados das ocorrências dos desastres registrados até o ano de 2012 haviam sido perdidos, devido um acidente ocorrido nos computadores. Dessa forma, todas os períodos destacados pela ocorrência de desastres provenientes de chuvas extremas, foram identificados no banco de dados do S2ID.

- **02 de Fevereiro de 2004:** nessa data foi registrada a ocorrência de enxurradas, pela quais, as chuvas causaram a elevação do nível da água do Rio Paraíba, que desembocou nas áreas de mangue. As casas presentes em seu entorno foram inundadas. Mais de 5 mil pessoas foram desabrigadas e mais de 1200 residências danificadas ou destruídas.
- **27 de Junho de 2006:** Os desastres ocorridos nesse dia foram provenientes de acumulados de chuvas intensas no decorrer do mês todo, representando 41,2% do total dentre as chuvas de janeiro a Julho nesse ano de acordo com os dados da AESA. As ocorrências de enxurradas acarretaram em 201 pessoas desalojadas, representando um grande dano a população.
- **Junho de 2011:** As chuvas que ocorreram nos dias 16 a 18 desse mês, além de afetar a população do município de João Pessoa, as inundações também afetaram a população do município de Bayeux. De acordo com a notícia registrada no S2ID, o município de Bayeux também foi alvo das 45 ocorrências em socorro às vítimas decorrentes dos alagamentos e inundações. Segundo o portal de notícias O globo, mais de 300 pessoas foram afetadas por essas chuvas intensas.
- **05 de maio de 2011:** Por conta das chuvas dessa data, o Secretário Nacional de Defesa Civil reconheceu por meio do decreto nº 32.121, situação de emergência em vários municípios, sendo um deles Bayeux, pela ocorrência de enchentes e inundações .

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação da metodologia descrita e a realização dos cálculos estatísticos tornaram possível a identificação dos valores de precipitação que se enquadra em cada nível de intensidade de chuvas.

A classificação das precipitações em níveis de intensidade possibilitou a identificação para cada município dos valores determinantes, que indicam estatisticamente a capacidade de cada região de absorver os volumes de chuva considerados como extremos, além de indicar os valores mínimos capazes de provocar desastres devido à precipitação.

Os municípios de João Pessoa e Bayeux mostraram comportamento similar quanto à distribuição dos anos secos e úmidos, assim como na delimitação dos limites para classificação dos níveis de intensidade de chuva.

As chuvas consideradas como normais tiveram classificações muito próximas para os dois municípios. Considerando valores médios entre os limites encontrados para cada posto, as chuvas normais para João Pessoa, foram classificadas por precipitações abaixo de 84,61 mm e para o município de Bayeux abaixo de 83,29 mm. As chuvas de maior intensidade, de Nível III, foram classificadas em média entre 143,16 mm e 172,44 mm e valores de precipitação superiores a 172,44 mm como de Nível IV, de intensidade muito grande.

No município de Bayeux as chuvas normais foram classificadas abaixo do valor médio de 83,29 mm e as de maior intensidade de Nível III como sendo as que se apresentarem entre os valores médios de 136,10 mm e 163,60 mm. Acima deste valor, as precipitações podem ser classificadas como chuvas de Nível IV.

A identificação dos desastres hidrológicos ocorridos no período da análise demonstrou que em anos muito úmidos e com precipitações de Nível III e IV são recorrentes os episódios de inundações e alagamentos. No entanto, também ficou evidente que a ocorrência de chuvas extremas nem sempre estará relacionada a períodos úmidos. Os anos de 2012 e 2013 foram caracterizados como secos e ao mesmo tempo foram identificadas ocorrências de chuvas de grande intensidade para os dois municípios nesse período.

Diante do que foi exposto, é notória a relevância de se voltar atenção para o comportamento pluviométrico dos municípios, e a partir disso tomar medidas de gestão e prevenção para reduzir ocorrência de desastres hidrológicos associados aos eventos de chuvas extremas nos meses mais chuvosos diante da vulnerabilidade populacional presente.

7. REFERÊNCIAS

AMARA, Rosângela do.; RIBEIRO, Rogério Rodrigues. Inundações e Enchentes. *In: TOMINAGA, Lídia Keiko; SANTORO, Jair; Amaral, Rosângela. (Org.) Desastres Naturais: Conhecer para prevenir.* São Paulo: Instituto Geológico, 2009. P. 39-52.

AMARAL, Rosângela do; GUTJAHR, Mirian Ramos. **Desastres Naturais.** São Paulo: IG/SMA, 2011. 100 p.

ANA. **Hidroweb.** Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/apresentacao.jsf>> Acesso em: 05 jul. 2019.

ARAÚJO, Lincoln Eloide; NETO, João Miguel de Moraes; SOUSA, Francisco de Assis Slviano de. ANÁLISE CLIMÁTICA DA BACIA DO RIO PARAÍBA - ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVA (IAC). **Revista de Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 3, p.508-523, set./dez. 2009.

BRASIL. **Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2012.** Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. 2. ed. rev. Ampl. Florianópolis, 2013.

BRASIL. **Atlas Brasileiro.** Disponível em: <<https://s2id.mi.gov.br/paginas/atlas/>> Acesso em: 28 ago. 2019.

BRASIL. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/panorama>> Acesso em: 29 ago. 2019.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Instrução Normativa n. 1 de 24 de agosto de 2012. **Lex:** Brasília-DF: Biblioteca Digital do Planejamento, 2012.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Banco de dados e registros de desastres: sistema integrado de informações sobre desastres – S2ID. 2013. Disponível em: <<http://s2id.integracao.gov.br/>> Acesso em: 19 ago. 2019.

BRASIL. **Ministério do meio ambiente.** Acessado em: <<http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/aguas-subterraneas/ciclo-hidrologico.html>> em 19 de julho de 2019.

CALVETTI, L.; BENETI, C.; GONÇALVES, J. E.; MOREIRA, I. A.; DUQUIA, C.BREDA, Â.; ALVES, T. A. Definição de classes de precipitação para utilização em CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. Ciclo hidrológico. *In: Apostila de hidrologia.* [S.l.]: UFRRJ, 2006. Cap. 2.

CASTRO, Antônio Luiz Coimbra de. **Glossário de defesa civil estudos de riscos e medicina de desastres.** 2ª Ed. INDESP. 1998.

CIÊNCIAHOJE. **Sufocados pela cidade.** Disponível em: <<http://cienciahoje.org.br/artigo/sufocados-pela-cidade/>> Acesso em: < 15 ago. 2019.

COSTA, J. N.; SILVA JÚNIOR, J. B.; ARAÚJO, S. M. S. Riscos e desastres relacionados a eventos extremos (climáticos e meteorológicos) no estado da Paraíba. **REGNE**. Caicó, Vol. 4, Nº Especial, 2018.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Ação Emergencial para Delimitação de Áreas em Alto e Muito Alto Risco a Enchentes e Movimentos de Massa**. João Pessoa: CPRM, 2013

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Bayeux, estado da Paraíba/**. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

FILGUERA, Hamilca José de Lmeida; *et al.* **DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS DE DRENAGEM DE ÁGUA PLUVIAIS – COBERTURA DE ATENDIMENTO DAS ESTRUTURAS DE DRENAGEM – IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS CRÍTICAS: áreas passíveis de alagamentos; áreas passíveis de inundações; e, áreas sujeitas a escorregamentos**. **SCIENTEC**, João Pessoa, 2015.

FREITAS, Marcos Airton de Sousa. Um sistema de suporte à decisão para o monitoramento de secas meteorológicas em regiões de semi-áridas. **Revista Tecnológica**, Fortaleza, n. 19, p. 19-30, dez. 1998.

GAMA, Claudeam Martins da; *et al.* **SECAS: uma tragédia socioeconômica**. Disponível em: <http://editorarealize.com.br/revistas/aguanosemiarido/trabalhos/Modalidade_4datahora_31_10_2013_16_54_54_idinscrito_370_d7a051e5e2a6d2a7dfdda9bc2fb5473a.pdf> Acesso em: 05 set. 2019.

GOERL, Rberto Fabris; KOBİYAMA, Masato. Considerações sobre as inundações no Brasil. *In*: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos. **Anais...** Florianópolis, 2002.

JOÃO PESSOA, Prefeitura Municipal. Semanário Oficial, **centro administrativo municipal**, João pessoa, n. 1509, p. 01-82, dez. 2015. Disponível em: <http://www.joaopessoa.pb.gov.br/portal/wp-content/uploads/2016/01/2015_1509_Esp-01-100.pdf?479a4c> Acesso em: 13 jul. 2019.

KOBİYAMA, Masato; *et al.* **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Curitiba: Organic Trading, 2006. 109p.

LUCENA, Marconi. **Rio Jaguaribe transborda e a Avenida Beira Rio é interditada Paraíba Hoje, 2011**. Disponível em: <<https://paraibahoje.wordpress.com/2011/05/20/rio-jaguaribe-transborda-e-a-avenida-beira-rio-e-interditada/>>. Acesso em: 15 de setembro de 2019

MARENGO, José A. Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento sustentável – FBDS, 2007, 76p.

MEDEIREOS, Vanessa Sartorelli. **Análises estatística de eventos críticos de precipitação relacionados a desastres naturais em diferentes regiões do Brasil**. 2013. 207 f. São Paulo, 2013. 207 p. dissertação. (Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental) Escola Politécnica da Universidade Federal de São Paulo, São Paulo. 2013.

METEOROLOGIA, 2006, Florianópolis, **Anais...** Florianópolis, 2006.

MONTEIRO, Jander Barbosa. **Desastres naturais no estado do Ceará**: uma análise de episódios pluviométricos extremos. 2016. 255f. Tese. (Programa de Pós-Graduação em Geografia) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2016.

MONTEIRO, Jander Barbosa; ZANELLA, Maria Elisa. A metodologia dos máximos de precipitação aplicada ao estudo de eventos extremos diários nos municípios de Crato, Fortaleza e Sobral-CE. **GeoTextos**, Salvador, vol. 13, n. 2, dez. 2017.

O GLOBO. Chuvas já tiraram de casa perto de 9 mil pessoas na Paraíba e em Pernambuco. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/brasil/chuvas-ja-tiraram-de-casa-perto-de-9-mil-pessoas-na-paraiba-em-pernambuco-2714646>> Acesso em: 01 set. 2019.

PAZ, A. R., 2004. Hidrologia Aplicada. Texto Básico. Disponível em <[http://www.ct.ufpb.br/~adrianorpaz/artigos/apostila_HIDROLOGIA_APLICADA_UERG S.pdf](http://www.ct.ufpb.br/~adrianorpaz/artigos/apostila_HIDROLOGIA_APLICADA_UERG_S.pdf)>. Acesso em setembro de 2019.

ROOY, M. P.; VAN. A. Rainfall Anomaly Index Independent of Time and Space, Notes, v. 14, p. 1- 43, 1965.

SANTOS, Ana Paula Paes dos; *et al.* Precipitação na Cidade de Salvador: Variabilidade Temporal e Classificação em Quantis. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 31, n. 4, p. 454-467, 2016.

SILVA, Cristiano Alves da. **Os desastres pluviométricos nas grandes e médias cidades do paraná - 1980-2010**. 2012. 153f. Dissertação. (Curso de Pós-Graduação em Geografia, Setor de Ciências da Terra) Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2012.

SOUZA, Wernica Meira de; AZEVEDO, Pedro Vieira de; ARAÚJO, Lincoln Eloi de. Classificação da Precipitação Diaria e Impactos Decorrentes dos Desastres Associados s Chuvas na Cidade do Recife-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, 2012.

SPOSATI, Aldaiza (coord.); RAMOS, Frederico; KOGA, Dirce; CONSERVA, Marinalva; SILVEIRA JR., Constantino; GAMBARDELLA, Alice. **Topografia Social de João Pessoa**. Cedest/IEE/PUCSP. 2009. Disponível em: <http://www.joaopessoa.pb.gov.br/portal/wp-content/uploads/2012/04/TOPOGRAFIA-SOCIAL-DE-JOAO-PESSOA_2009.pdf> Acesso em: 13 jul. 2019.

TOMINAGA, Lídia Keiko; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosangela do. **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. 196 p.

TUCCI, E. M. **Inundações urbanas**. Porto Alegre: ABRH, 2007. 389 p.

VARGAS, J. E. **Políticas públicas para la reducción de lavulnerabilidad frente a los desastres naturales y socio-naturales**. Santiago de Chile: Comisión Econmica para América Latina y el Caribe, División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos, 2002. (Serie Medio Ambiente y Desarrollo, 50). Disponível em: <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/1/10561/lc11723e_1.pdf>. Acesso em: 20 set. 2019.

VICENTE, Andréa Koga. **Eventos extremos de precipitação na região metropolitana de campinas**.2005. 133f. Dissertação. (Instituto de Geociências) Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2005.

WESCHENFELDER, Adriana Burin; PICKBRENNER, Karine; PINTO, Eber José de Andrade. Análise da frequência de ocorrência e a classificação das precipitações diárias máximas anuais na região da Laguna dos Patos (sub-bacia 87). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 19., 2011, **Anais...** Maceió: ABRH, 2011.