



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
COORDENAÇÃO DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

INUNDAÇÕES NO SEMIÁRIDO DA PARAÍBA: ESTUDO DE CASO NOS
MUNICÍPIOS DE PATOS E SÃO JOÃO DO RIO DO PEIXE

Samanta Cristina de Sousa

JOÃO PESSOA – PB
NOVEMBRO – 2018

SAMANTA CRISTINA DE SOUSA

**INUNDAÇÕES NO SEMIÁRIDO DA PARAÍBA: ESTUDO DE CASO NOS
MUNICÍPIOS DE PATOS E SÃO JOÃO DO RIO DO PEIXE**

Trabalho de conclusão apresentado a
Coordenação do Curso de Graduação de
Engenharia Ambiental da Universidade
Federal da Paraíba, como um dos requisitos
para a obtenção do título de Bacharela em
Engenharia Ambiental.

Orientador: Hamilcar Jose Almeida Filgueira

**JOÃO PESSOA – PB
NOVEMBRO – 2018**

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S725i Sousa, Samanta Cristina de.
INUNDAÇÕES NO SEMIÁRIDO DA PARAÍBA: ESTUDO DE CASO NOS
MUNICÍPIOS DE PATOS E SÃO JOÃO DO RIO DO PEIXE /
Samanta Cristina de Sousa. - João Pessoa, 2018.
47 f. : il.

Monografia (Graduação) - UFPB/CT.

1. Chuvas Diárias; Eventos Extremos; Desastres Naturais.

I. Título

UFPB/BC

FOLHA DE APROVAÇÃO

SAMANTA CRISTINA DE SOUSA

INUNDAÇÕES NO SEMIÁRIDO DA PARAÍBA: ESTUDO DE CASO NOS MUNICÍPIOS DE PATOS E SÃO JOÃO DO RIO DO PEIXE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado em 01/11/2018 perante a seguinte Comissão Julgadora:

Hamilcar José Almeida Filgueira APROVADO
Professor Dr. Hamilcar Jose Almeida Filgueira (Orientador)
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental (DECA) do Centro
Centro de Tecnologia (CT)/UFPB

Marcelo de Oliveira Moura APROVADO
Professor Dr. Marcelo de Oliveira Moura
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Eliamin Eldan Queiroz Rosendo APROVADO
Doutorando Eliamin Eldan Queiroz Rosendo
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

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

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

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Justificativa	13
1.2 Objetivos.....	13
1.2.1 Objetivo Geral	13
1.2.2 Objetivos Específicos	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 Termologia de risco e perigo	14
2.2 Desastres e vulnerabilidade social	15
2.3 Inundações	18
2.3.1 Inundações de áreas ribeirinhas	19
2.3.2 Inundações urbanas.....	20
2.3.3 Inundação brusca	21
2.4 Gestão de risco.....	22
2.4.1 Gestão de risco de inundação	23
2.4.2 Planejamento urbano	24
2.4.3 Planejamento da Gestão de águas pluviais.....	25
2.4.4 Medidas de controle de inundações	26
3 METODOLOGIA.....	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	28
4.1 Região Nordeste e o Estado da Paraíba	28
4.2 Caracterização da área de estudo	29
4.2.1 Município de Patos	30
4.2.2 Município de São João do Rio do Peixe	31
4.3 Inundações no semiárido paraibano.....	32
4.3.1 Inundações no município de Patos	33

4.3.2 Inundações no município de São João do Rio do Peixe	39
CONCLUSÃO	42
REFERÊNCIAS	43

À minha mãe Nidinha Maçonilio (*in memoriam*) minha maior referência de exemplo de generosidade e amor ao próximo, que se faz presente em todos os dias da minha vida, nunca deixou de me encorajar a realizar nossos sonhos.

Com todo meu amor e saudade!

AGRADECIMENTOS

Ao meu pai, por tamanha compreensão e motivação, que todos os dias se desdobra para tentar amenizar a falta que minha mãe faz, que me aconselha e me estimula a crescer a cada dia. Obrigada por ser meu porto seguro.

À minha irmã por todas as palavras de apoio, por todos os momentos em que tive dificuldades e se fez presente, agradeço por existir em minha vida.

A todos os meus amigos, que considero como parte da minha família, por toda atenção e por compartilharem comigo momentos de alegria. Em especial: Camila, Thaís e Marta Samara.

Ao meu namorado por todo apoio, amor e carinho. A todos os momentos em que estava ao meu lado nas horas em que eu mais precisava, me incentivando e ajudando.

Ao meu orientador Hamilcar Filgueira, por transmitir seus conhecimentos e por fazer do meu trabalho de conclusão de curso uma experiência positiva e por ter confiado em mim, sempre estando presente, dedicando parte do seu tempo.

“Algumas pessoas marcam a nossa vida para sempre, umas porque nos vão ajudando na construção, outras porque nos apresentam projetos de sonho e outras ainda porque nos desafiam a construí-los”.

*“Se as coisas são inatingíveis... ora!
Não é motivo para não querê-las...
Que tristes os caminhos, se não fora
A presença distante das estrelas!”*

(Mário Quintana)

RESUMO

Considerando a magnitude das ocorrências do fenômeno da inundação no semiárido do estado da Paraíba, o presente trabalho tem o objetivo de analisar o risco de desastres por inundação nos municípios de Patos e São João do Rio do Peixe no período de 2000 a 2017 além de diagnosticar a situação do planejamento urbano dos municípios, considerando os aspectos sanitário, ambiental e de infraestrutura. O desenvolvimento do trabalho se deu a partir da análise dos dados pluviométricos que foram obtidos na Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA-PB). Já a identificação dos desastres hidrometeorológicos foi efetuada através do Ministério da Integração Nacional mediante suas portarias de reconhecimento de Situação de Emergência (SE) e as portarias de Estado de Calamidade Pública (ECP), ofertado pelo Banco de Dados de Registro de Desastres, gerenciado pela Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC) disponíveis no site do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID). Também foram utilizados os formulários de Avaliação de Danos (AVADAN) do Sistema Nacional de Defesa Civil (SINDEC). Durante o período estudado foram identificados seis eventos de inundações com maior frequência de registros nos meses de março e abril, sendo que, em um dos eventos estudados no ano de 2009 no município de Patos, devido à gravidade dos danos causados houve a necessidade de declarar SE. Já em relação ao tipo de desastre hidrometeorológico, verificou-se uma maior ocorrência de enxurradas ou também denominadas inundações bruscas.

Palavras-Chave: chuvas diárias; eventos extremos; risco de desastres; impactos pluviais.

ABSTRACT

Considering the magnitude of the occurrences of the flood phenomenon in the state of Paraíba, the present work has the objective of analyzing the risk of flood disasters in the municipalities of Patos and São João do Rio do Peixe from 2000 to 2017, besides diagnosing the urban planning situation of the municipalities, considering the sanitary, environmental and infrastructure aspects. The development of the work was based on the analysis of the pluviometric data obtained in the Executive Agency of Water Management of the State of Paraíba (AESA-PB). Already the identification of the hydrometeorological disasters was done through the Ministry of National Integration through its Emergency Situation Recognition (SE) and the State of Public Calamity (ECP), offered by the Disaster Registry Database, managed by the National Secretariat Protection and Civil Defense (SEDEC) available on the website of the Integrated Disaster Information System (S2ID). The Damage Assessment forms (AVADAN) of the National Civil Defense System (SINDEC) were also used. During the study period, six flood events with the highest frequency of records were identified in the months of March and April, and in one of the events studied in 2009 in the town of Patos, due to the severity of the damages caused, there was a need to declare SE. In relation to the type of hydrometeorological disaster, it was verified a greater occurrence of floods or also denominated sudden floods.

Keywords: daily rainfall; extreme events; disasters risk; rainfall impacts.

1 INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro é historicamente caracterizado por apresentar problemas em relação a secas severas, contudo, um fato pouco divulgado pelas mídias sociais e possivelmente desconhecido da população em massa, é que essa mesma região pode ser considerada como um cenário propenso a risco de desastres por inundações.

Entende-se por risco de desastres a probabilidade de possíveis perdas em termos de vidas, condições de saúde, meios de subsistência, bens e serviços, e que poderiam ocorrer em uma determinada comunidade ou sociedade em um período de tempo específico no futuro (UNIDSR, 2009).

As inundações ocasionam situações de risco conforme Tucci (2004) *apud* Barbosa (2006). Uma das suas principais causas pode ser considerada a falta de um planejamento urbano, no qual, as áreas de baixa renda e de periferia são menos beneficiadas, em função da sua ocupação desordenada/clandestinas, enquanto o cenário das áreas nobres é significativamente contemplado com o planejamento. Para Silva (2009), “Porém, esses fatos normalmente são vistos de forma isolada, enquanto todos estão inter-relacionados, e a mitigação para tais eventos depende de uma visão compartilhada e integrada”.

O impacto negativo da falta de planejamento na urbanização é mais significativo quando se têm condições de precipitações pluviométricas de maior frequência, onde o efeito da infiltração da água no solo é muito importante. Para precipitações de baixa frequência (alto tempo de retorno) a relação entre as condições naturais e a urbanização são relativamente menores (TUCCI, 1997).

No intuito de explicar sobre o conceito inundação aqui adotado, se faz necessário uma transcrição conceitual para melhor entendimento dos objetivos traçados na Coordenadoria Municipal de Defesa Civil (COMDEC), de Santa Catarina, hoje renomeada de Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil (COMPDEC).

As inundações podem ser definidas como o transbordamento de água proveniente de rios, lagos e açudes. As inundações podem ser classificadas em função de sua magnitude e da sua evolução. É preciso se pensar ainda sobre o papel das planícies de inundação, que são consideradas áreas relativamente planas adjacentes a um rio, coberta por água na época das enchentes (COMPDEC, 2012, p.7).

Os eventos relacionados à inundação são bastante antigos, pois acompanham o homem desde a formação das aglomerações urbanas. A sua ocorrência pode se dar de acordo com o comportamento natural dos rios, nesse caso, quando o excesso do volume de chuva não é drenado ou absorvido pelo solo. O excedente de água, de acordo com a topologia, eleva-se acima do nível do leito do rio inundando as áreas ribeirinhas. As causas desse problema podem ser tanto de origem natural quanto por decorrência da ação humana durante o processo de urbanização e consequentemente à impermeabilização do solo e alteração dos cursos dos rios (BARBOSA, 2006).

Ademais, o reconhecimento de eventos meteorológicos de cunho catastrófico, e suas repercussões sobre as sociedades afetadas, auxiliam na avaliação dos riscos potenciais a desastres por inundação, a que estão sujeitas as populações que ocupam áreas susceptíveis a tais eventos (GIRÃO, 2012).

No Brasil, entre período de 1990 a 2015, dentre os desastres relacionados aos fenômenos naturais de maior ocorrência (FILGUEIRA, 2018), as inundações predominaram em relação ao número de eventos, que são caracterizados por chuvas torrenciais, em áreas mais planas e em fundos de vale.

Os desastres hidrometeorológicos deflagrados na região nordeste, por eventos de chuvas intensas apresentam valores de precipitação iguais ou superiores a 60,0 mm/dia e por chuvas extremas com valores iguais ou superiores a 100,0 mm/dia. (OLÍMPIO, 2013; BARBIERI, 2014 et al., 2016 *apud* MOURA et al., 2016). Essa região é conhecida por apresentar problemas de secas frequentes, acentuada e com relevantes impactos. O desequilíbrio hidrológico e a baixa capacidade de armazenamento hídrico no solo são as principais causas deste tipo de evento. Em contrapartida, nessa mesma região também é visualizada ocorrência de eventos como alagamentos, inundações graduais e bruscas. A população que se instala em áreas susceptíveis está sujeita a sérias consequências sociais e econômicas, advindo destes eventos de precipitação (BRASIL, 2012).

Considerando a magnitude das ocorrências do fenômeno da inundação no semiárido do Estado da Paraíba, o presente trabalho tem o objetivo de analisar o comportamento desses eventos nos municípios de Patos e São João do Rio do Peixe.

1.1 Justificativa

O semiárido paraibano é pautado pela irregularidade de precipitações pluviométricas, em alguns casos com chuvas torrenciais em curto espaço de tempo, o que acarreta na ocorrência do fenômeno da inundação. A ação antrópica, como por exemplo, a falta de planejamento do espaço ocupado, acentua a proporção deste tipo de evento.

O processo de ocupação desordenada é decorrente da falta de planejamento ou da sua execução, porém, realizada de forma inadequada, por meio da omissão do poder público. Nesse processo, podem ser visualizadas habitações próximas ao leito do rio, geralmente implantadas de forma irregular em áreas susceptíveis às inundações que ocasionam transtornos, tanto para a população ribeirinha, como a população urbana.

À vista disso, a falta de uma administração pública eficaz e da percepção de risco por parte da população, propicia a propagação de ocupações não planejadas e com isso acarreta em prejuízos e perdas, advindos do fenômeno da inundação.

Os municípios selecionados para análise foram determinados em vista de ambos terem sido desenvolvidos entorno dos seus rios principais: para Patos, o rio Espinharas e para São João do Rio do Peixe, o rio do Peixe. Além disso, há históricos de ocorrências de inundações nessas cidades e também a disponibilidade de dados na literatura.

1.2 Objetivos

1.1 Objetivo Geral

Analisar as ocorrências de desastres do tipo inundação nos municípios de Patos e São João do Rio do Peixe.

1.2.3 Objetivos Específicos

- Diagnosticar a situação do planejamento urbano, considerando os aspectos sanitário, ambiental e de infraestrutura;
- Verificar os principais danos humanos e materiais, além dos prejuízos econômicos ocasionados pelas inundações.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Terminologia de risco e perigo

O termo risco é empregado em várias áreas do conhecimento, o que possibilita uma vasta variedade de riscos. No Brasil, muitas vezes o termo risco é tratado como se fosse sinônimo de perigo. Este equívoco é disseminado, principalmente em veículos de comunicação, acarretando um sério problema, pois, as terminologias possuem significados e importância distintos. Para Smith (2004):

O risco tem a implicação adicional de a chance de um determinado perigo realmente ocorrer. O perigo é melhor visualizado como uma ocorrência natural ou processo induzido pelo homem, ou evento, com o potencial para criar perdas, isto é, uma fonte geral de futuro perigo. Risco é a exposição real de algo do valor humano para um perigo e é frequentemente considerado. (SMITH, 2004, p.12).

Já para Alheiros (2011), a combinação entre a suscetibilidade em função do processo geológico e a vulnerabilidade caracterizada em uma condição de fragilidade das pessoas e do espaço ocupado, resultam no risco.

Uma das melhores definições utilizadas para o risco, segundo Westen et al. (2006) *apud* Gomes e Hora (2009), é a apresentada por Vames (1984), que o conceitua como decorrente do número previsto de óbitos, de pessoas feridas e desestabilização de atividades econômicas, em decorrência de um fenômeno particular ocorrente em uma área em um dado período.

Para Cardona (1993) *apud* Filgueira (2013) a existência do risco se dá por meio da interação ou correlação de fatores relacionados à ameaça e vulnerabilidade. A ameaça é vista como o poder ou energia que pode desencadear algum problema, já a vulnerabilidade é a predisposição para sofrer danos (VARGAS, 2002). Dessa forma, é possível equacionar o risco de um desastre como função da ameaça potencial e da vulnerabilidade do sistema bem como seus elementos. A expressão que representa o risco de desastre pode ser observada na Equação (1)

$$\text{Risco de desastre} = f(\text{ameaça, vulnerabilidade}) \quad \text{Equação (1)}$$

Segundo Cardona (1993), o conceito de ameaça está intimamente relacionado com a probabilidade do acontecimento de um determinado evento físico natural ou intencionalmente provocado pela atuação do homem, tendo aspecto destrutivo durante um período de tempo específico.

As definições de perigo e cenários de risco são frequentemente confundidas (Bonachea et al. 2009; Mahler et al. 2012; Li e Chi, 2011 *apud* Furtado, 2014), embora sejam conceitos diferentes.

Para maior compreensão entre os termos, O Escritório das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres (UNISDR na sigla em inglês), apresenta a seguinte definição de perigo: "um fenômeno, substância, atividade antrópica ou condição perigosa é aquela que pode causar perda de vidas, ferimentos ou outros impactos na saúde, danos à propriedade, perda de meios de subsistência e serviços, perturbações sociais e econômicas, ou dano ambiental".

Furtado (2014), caracteriza perigo em potencial, abstrato e nunca diretamente observado, enquanto, os cenários de risco são potenciais e podem ser observáveis, considerando as condições de transformação do ambiente externo e da natureza.

2.2 Desastres e vulnerabilidade social

O Escritório das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres classifica desastre como:

Uma séria interrupção no funcionamento de uma comunidade ou sociedade que causa um grande número de mortes, bem como perdas e impactos materiais, econômicos e ambientais que excedem a capacidade da comunidade ou da sociedade afetada para enfrentar a situação através do uso de seus próprios recursos (UNISDR, 2009, p.13).

A configuração do desastre se dá na realização do perigo, tornando se assim, um acontecimento real, caracterizado em um fenômeno social que é expresso nos níveis excepcionais e não rotineiros de consequências sofridas pela comunidade (SMITH, 2004).

O Centro de Pesquisa de Epidemiologia em Desastres (CRED na sigla em inglês), da *Université Catholique de Louvain*, Bélgica, discrimina “desastres” em duas categorias: naturais e tecnológicos. Esta mesma classificação internacional também é adotada pela

Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC)/Ministério da Integração Nacional, em sua Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE).

Conforme o CRED os desastres naturais são divididos em cinco subgrupos, que pode ser melhor entendido por meio da Figura 1.

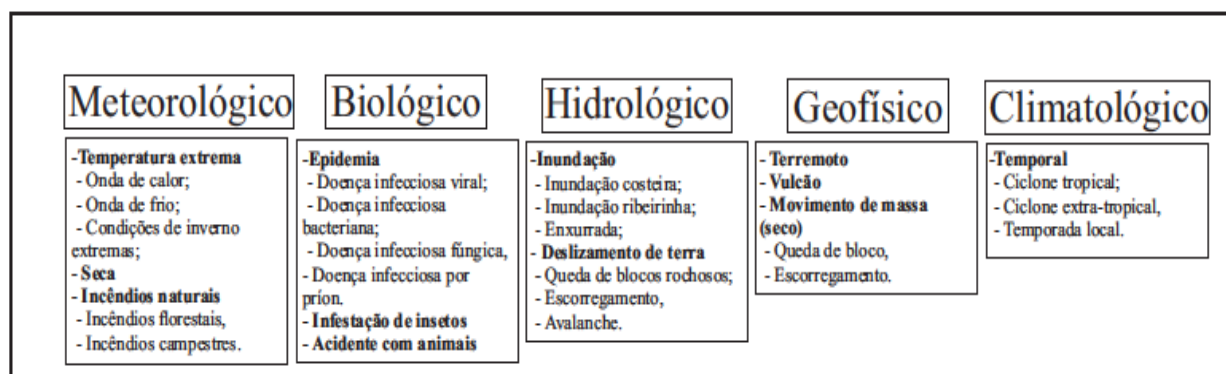


Figura 1- Classificação dos desastres relacionados com fenômenos naturais.

Fonte: adaptado EM-DATA/CRED (2009).

De acordo com os dados fornecidos pela UNISDR, dentre os desastres ditos naturais, as inundações possuem a maior representativa em nível de ocorrências mundial no intervalo dos anos de 1995 – 2015, conforme a Figura 2. “As inundações constituem a principal causa de óbitos por desastres no mundo e foram responsáveis por 6,8 milhões de mortes no Século XX” (DOOCY, 2013).

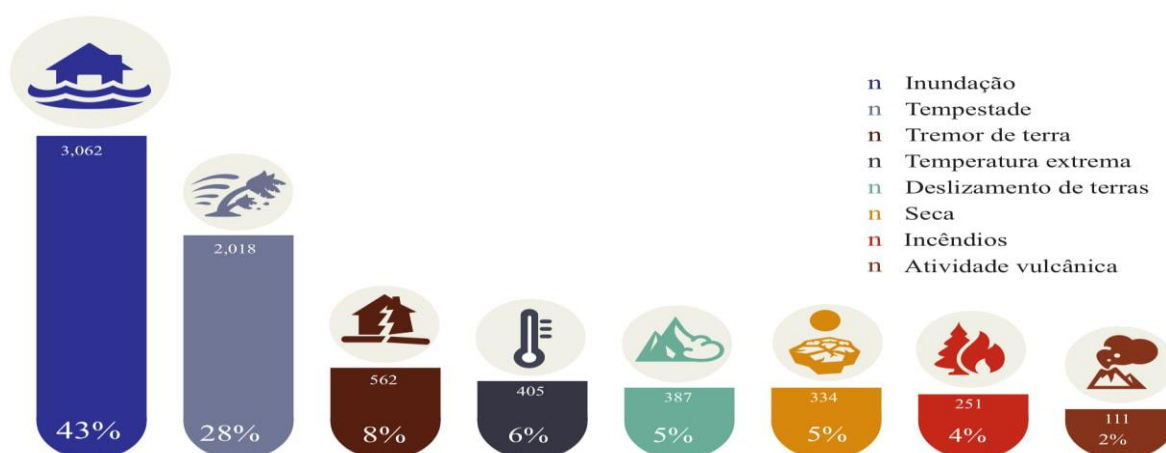


Figura 2 - Porcentagem de ocorrências por tipo de desastres relacionados com fenômenos naturais (1995-2015).

Fonte: adaptado de UNISDR (2015).

Para Cesco (2012):

Quando se trata de inundações, faz-se referência às causas também interligadas aos eventos, especialmente em áreas mais pobres do globo, em termos planetários, ou áreas mais carentes de cidades, em âmbito local/regional. Isso deixa transparente a intrínseca relação entre fenômenos naturais e sociais, e é claramente perceptível quando se observa o elevado número de mortos nesse tipo de evento em países pobres (CESCO, 2017, p. 286).

Por questões socioeconômicas, a população carente ocupa áreas consideradas propensas ao fenômeno da inundação, conseqüentemente tende a diminuir suas defesas contra os perigos ambientais. De acordo com Valencio (2010), “a pobreza estrutural associada à injustiça social contribuem para elevar a vulnerabilidade aos eventos hidrometeorológicos.

2.3 Inundações

De acordo com a SEDEC:

Inundações são causadas pelo afluxo de grandes quantidades de água que, ao transbordarem dos leitos dos rios, lagos, canais e áreas represadas, invadem os terrenos adjacentes, provocando danos. As inundações podem ser classificadas em função da magnitude e da evolução (BRASIL, 2007, p. 45).

Para Oliveira (1998, p.11) *apud* Guichard, (2012) o conceito de inundação, segundo esse autor:

[...] inundações são fenômenos que fazem parte da dinâmica fluvial, atingindo periodicamente as várzeas, também denominadas planícies de inundação. Correspondem ao extravasamento das águas de um curso de água para as áreas marginais, quando a vazão é superior à capacidade de descarga da calha.

De acordo com Silva (2009) o crescimento desenfreado das cidades combinado a falta de planejamento urbano e ambiental possibilita a ocorrência das inundações que, conseqüentemente, levam a situações de risco de desastres. A ocupação desordenada às margens do leito do rio, possibilidade a extração de recursos naturais, resultado da falta da condição financeira favorável. A mitigação para esse tipo de evento se dá por meio da análise dos fatos de forma inter-relacionados

As inundações impulsionam a degradação da infraestrutura das cidades, destruição de ambientes domiciliares, desequilíbrio psicológico e social da população atingida, prejuízos à saúde devido à ocorrência de doenças de veiculação hídrica, por meio da ingestão de alimentos contaminados, leptospirose, de infecções respiratórias agudas, etc.

As inundações são fenômenos de ordem natural. Segundo Tominaga (2012), “as principais condicionantes naturais são: a magnitude e frequência das inundações ocorrem em função da intensidade e distribuição da precipitação, da taxa de infiltração de água no solo, do grau de saturação do solo e das características morfométricas e morfológicas da bacia de drenagem”. A sua ocorrência pode ser condicionada por meio de fatores climáticos, geomorfológicos e acentuada através das ações antrópicas empregadas ao meio ambiente.

2.3.1 Inundações de áreas ribeirinhas

Segundo a classificação de Tucci (2003), as inundações ribeirinhas são aquelas devido a dinâmica natural dos rios, a sua ocorrência é em função do comportamento sazonal das chuvas e do fluxo na bacia hidrográfica. “O primeiro fator das inundações ribeirinhas quando essas afetam a população, é a ocupação da planície fluvial ou leito maior (JORGE e UEHARA, 1998 *apud* SANTOS, 2012) ” nessas áreas ocorre o processo natural de inundação, em função do ciclo hidrológico, conforme a Figura 3.

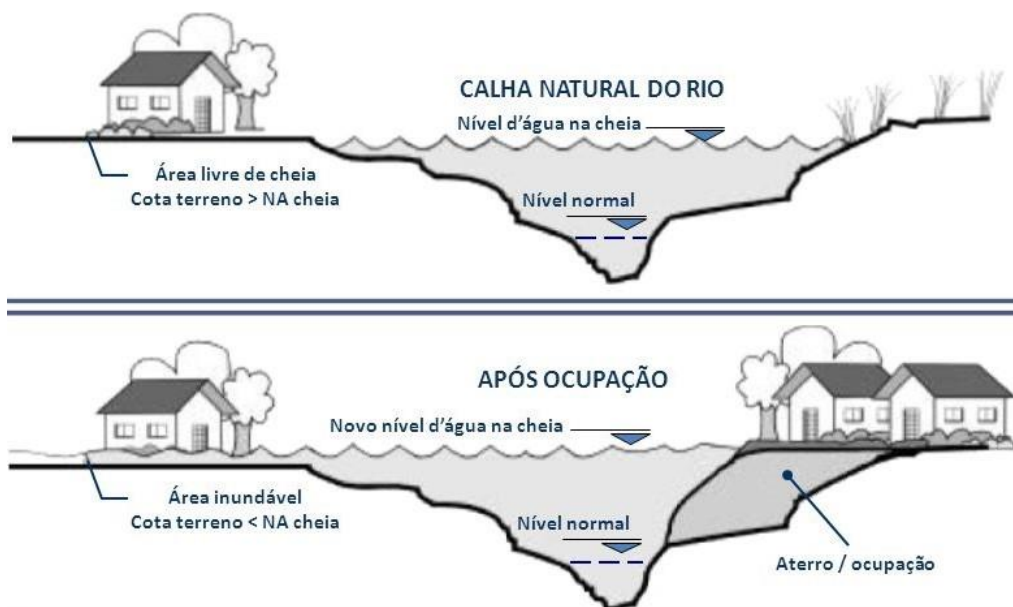


Figura 3 - Processo de inundação.

Fonte: disponível em <<https://slideplayer.com.br/slide/10223488/>>.

Para a Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental (ReCESA), realizada pela Secretária Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA):

O chamado leito menor é a seção normal do rio nos períodos de estiagem, o(s) leito(s) maior(es) ocupa(m) a topografia das várzeas. A invasão desses leitos maiores (por aterros e construções) obstrui o escoamento, aumentando ainda mais o nível das inundações tanto à montante (efeito de remanso) quanto à jusante (Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental –ReCESA, 2008, p. 23).

A ocorrência do fenômeno da inundação se dá por meio da combinação de fatores, como por exemplo: a ocupação das planícies formadas pela ação de rio, que podem acarretar

na diminuição da capacidade de escoamento do leito; a densidade de drenagem; os aspectos hidráulicos e etc., a forma geométrica da bacia hidrográfica (SANTOS, 2012), “quanto mais arredondada, mais propensa a processos de inundação rápida uma vez que todos os fluxos chegam ao mesmo tempo no canal principal e quanto mais alongada, ocorre escoamento mais moderado na bacia, com menor probabilidade de inundação rápida (UFSC, 2014).”

A falta da cobertura vegetal, que atua como interceptor do escoamento e no controle a erosão do solo, tem como consequência o aumento da ocorrência do fenômeno da inundação, esse processo é visualizado quando a precipitação é acentuada e o solo não possui capacidade de absorção e dessa forma: o “volume que não é drenado ocupa a várzea, inundando de acordo com a topografia das áreas próximas aos rios (TUCCI, 2003b)”.

2.3.2 Inundações urbanas

O processo de inundação urbana é ocasionado pela à falta de capacidade de escoamento de águas pluviais, devido a: impermeabilização do solo, alteração dos cursos naturais dos rios, remoção da cobertura vegetal e etc. “o volume que escoava lentamente através da superfície do solo e que era retido pela vegetação ou tinha sua velocidade reduzida pela própria rugosidade do solo, (Barbosa, 2006). ” Isto provoca uma maior vazão de pico e consequentemente o transbordamento do leito do rio em áreas de uso e ocupação do solo.

Os fatores desencadeantes da inundação, podem ser destacados em diferentes tipos de origens:

Chuvas prolongadas originando cheias dos grandes rios; subida da temperatura com fusão de grandes quantidades de neve (cheias de fusão); chuvas intensas com cheias de pequenos e médios cursos de água; chuvas intensas juntamente com sobrecarga dos sistemas de drenagem artificiais da cidade; subida da toalha freática¹; galgamentos oceânicos (no caso das cidades costeiras) (LIMA, 2012, p.08).

Mesmo em áreas consideradas não propícias a ocorrência do fenômeno da inundação, que embora seja um fenômeno natural, a interferência humana pode modificar este ambiente o tornando possível o evento da inundação.

¹ Toalha freática: também denominado lençol freático.

2.3.3 Inundação brusca

O fenômeno da inundação se dá em virtude da dinâmica do rio quando, atingido sua capacidade, ocorre o transbordamento do seu curso natural.

As chuvas intensas e concentradas em locais de relevo acidentado provocam as inundações bruscas, também conhecidas como enxurradas, ou como enchentes repentinas, mesmo em áreas planas essas inundações caracterizam-se por rápidas e violentas elevações do volume de água, que invadem as localidades de forma rápida e intensa. Essa condição se dá também pelo desequilíbrio entre o continente (leito do rio) e o conteúdo (volume caudal), ocasionando o transbordamento (CASTRO, 2003 apud UFSC, 2013).

As enchentes repentinas ou *flash flood* são os tipos mais perigosos de inundações, porque elas combinam o poder destrutivo de uma inundação, associada a uma velocidade incrível e imprevisível. Estas inundações podem acontecer repentinamente com quase nenhum aviso e as águas da inundação podem alcançar o pico de cheia em apenas alguns minutos (BARBOSA, 2006, p. 38).

Bianco et al (2014), apontam que a ocorrência de inundações bruscas, em áreas urbanas têm se agravado, devido as consequências geradas pela ocupação do ambiente urbano, que podem ser visíveis na impermeabilização do solo, na retirada da vegetação, no assoreamento dos rios e etc., confirmando a ideia que as ações antrópicas contribuem no aumento da intensidade e da frequência dos desastres de fenômenos naturais.

2.4 Gestão de risco

O Ministério da Integração Nacional lançou em agosto de 2012 o Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais coordenado pela Casa Civil da Presidência da República do Brasil e executado por sete ministérios - incluindo o da Integração Nacional - com a participação dos estados e municípios, que contempla ações de redução do risco de desastres voltadas para quatro eixos principais: prevenção, mapeamento, monitoramento e alerta e resposta a desastres. Com o propósito de salvar vidas e assegurar que estados e municípios sofram menos os danos decorrentes de desastres naturais. (BRASIL, 2012).

O processo de gestão de risco é o componente do sistema social, entendido como o conjunto de elementos que envolve ações e medidas de redução de risco de desastres, cuja finalidade é de reduzir ou mitigar os riscos existentes. Segundo Cardona (2008), é necessário a junção da identidade territorial aos demais instrumentos de gestão e dessa forma trabalhar de acordo com aptidão de cada âmbito, dentre eles: social, política, institucional, pública, privada, de todos níveis territoriais, e assim atingir o objetivo comum.

O modelo de gestão de risco se baseia em: (i) estimativa do risco; (ii) prevenção e redução do risco; (iii) preparação, resposta e reabilitação; (iv) reconstrução. Este modelo apresenta as seguintes formas de gestão: gestão prospectivas, gestão corretiva e gestão reativa, conforme Figura 4 (BRASIL, 2017).



Figura 4 - Modelo de gestão de risco adotado no Peru.

Fonte: BRASIL (2017).

2.4.1 Gestão de risco de inundação

No Plano de Execução da Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável (CMDs), realizado em Johannesburgo na África do Sul, entre os meses de agosto e setembro de 2002, demonstrava a necessidade de:

... mitigar os efeitos de secas e inundações mediante a adoção de medidas como o uso mais eficiente das informações e as previsões climática e meteorológica, os sistemas de alerta, a gestão do uso e ocupação do solo e dos recursos naturais, as práticas agrícolas e a conservação dos ecossistemas tendo como fim conter as tendências atuais e reduzir ao mínimo a degradação dos solos e dos recursos hídricos (APMF, 2004, p. 6).

O processo da gestão de risco de inundação baseia-se no conjunto de estratégias e planejamentos, de forma a reduzir a probabilidade de ocorrência da inundação.

Para Cunha (2011), o gerenciamento dos riscos relativos a inundações deve abranger aspectos relevantes considerando sua aplicabilidade em função do custo benefício, a magnitude das inundações, as vias de evacuação da água, zonas com capacidade de reter as cheias, gestão dos solos e da água, alterações dos leitos fluviais, ordenamento do território, afetação dos solos, para assim possibilitar e garantir a preservação dos recursos naturais.

Através de estudos realizados com os dados da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO na sigla em inglês):

Mendonça (2005) estima que 96% dos investimentos feitos pela comunidade internacional na gestão de riscos e desastres são de caráter emergencial e reconstrutivo, enquanto apenas 4% são gastos em prevenção. No caso específico das inundações, o autor revela ainda que cada dólar investido em prevenção é capaz de reduzir em até 25 dólares de prejuízos sofridos (SILVA, 2009, p. 17).

As questões políticas atreladas à gestão ineficiente com baixa capacidade técnica contribuem de forma prejudicial no cumprimento das ações da defesa civil na redução dos desastres.

2.4.2 Planejamento urbano

A Constituição Federal de 1988, em seu art. 30, VII, outorgou aos municípios aptidão para: “Promover, no que couber, adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano” (Brasil, 1988).

Para Castillo (2011), no desenvolvimento sustentável e na gestão de riscos, a ordenação territorial é instrumento que contempla planos e políticas, cujo, o intuito é de assegurar a prevenção de recursos naturais e a conservação do território por meio do planejamento.

A ocupação de áreas urbanas susceptíveis a processos naturais pode ser compreendida pela política habitacional deficiente, atrelado a desvalorização desses locais possibilitando baixos valores venais, “seguido de um posterior processo de urbanização, porém a ocupação deveria ser inibida pelos instrumentos do Estatuto da Cidade (COLLISCHONN, 2009).”

Uma das causas do déficit habitacional é devido a morosidade do poder público em tomar providências necessárias, fiscalizando áreas de preservação permanente, áreas propensas a desastres. Mas, também pela falta de programas habitacionais para a população carente. Embora, a situação de risco seja elevada, não impossibilita à permanência da população (GOMES; HORA, 2009).

Um documento de suma relevância para o desenvolvimento da infraestrutura urbana é o plano diretor, que é um instrumento utilizado para elaborar as etapas do planejamento municipal para a implantação da política de desenvolvimento urbano, este norteia as ações dos agentes públicos e privados. O plano diretor é obrigatório para a organização do espaço urbano em cidades com mais de 20 mil habitantes, não abrangendo as pequenas cidades.

2.4.3 Planejamento da Gestão de águas pluviais

O crescimento populacional interligado a expansão urbana no espaço não planejado, propícia a ocupação de áreas inapropriadas sujeitas a inundações (Cidades e Inundações, 2011) isso se dá, pela não ocorrência de elevados níveis pluviais, ou seja, chuvas fortes. Tominaga (2012):

De acordo com a legislação não é permitido construir em planícies de inundação, que são Áreas de Proteção Permanente – APPs. Estas áreas são sujeitas a inundações periódicas, devido à dinâmica natural dos cursos d'água. É importante que o Município fiscalize estas áreas de forma a não permitir a ocupação, bem como manter a função de permeabilidade e retenção de sedimentos em direção ao curso d' água. Os planos diretores municipais também constituem um instrumento restritivo à ocupação destas áreas. Quando incorporados por um mapeamento de áreas de risco (escorregamento, inundação e erosão), estes planos permitem melhor gestão de ações estruturais e não estruturais na prevenção e de desastre (TOMINAGA, 2012, p. 49).

As técnicas e medidas adotadas durante o planejamento urbano são reconhecidas como os meios principais mais centrais para prever a inundação no ambiente urbano, como também desastres, podendo culminar em soluções efetivamente eficazes e economicamente menos dispendiosas e eficientes se comparados aos meios convencionais de desenvolvimento de áreas expostas, e logo em seguida protege-los por diques (BARBOSA, 2006). Para Tucci (2002):

Como a maioria das soluções sustentáveis passam por medidas não-estruturais que envolvem restrições à população, dificilmente um prefeito buscará este tipo de solução porque geralmente a população espera por uma obra. Enquanto que, para implementar as medidas não-estruturais, ele teria que interferir em interesses de proprietários de áreas de risco, o que politicamente é complexo a nível local. Para buscar modificar este cenário é necessário um programa a nível estadual voltado à educação da população, além de atuação junto aos bancos que financiam obras em áreas de risco (TUCCI, 2002, p. 9).

Deste modo, a falta de políticas de controle e prevenção das inundações tem agravado as perdas e prejuízos das cidades, gerados pela ausência de planejamento do espaço ocupado, conhecimento das condições locais e ao cuidado ao meio inserido.

2.4.4 Medidas de controle de inundações

O conjunto de medidas de controle podem ser classificadas estruturais e não estruturais, completam ações que visam alterar os impactos ocasionados pelo sistema fluvial.

As medidas estruturais são aquelas que adulteram o sistema fluvial, advindas de obras de engenharia, principalmente no seguimento hidráulico, tais como represas, canais de desvio, canalização, entre outras, o que proporciona aos olhos de quem não possui conhecimento técnico uma falsa sensação de segurança. Entretanto, se realizadas de modo isolado não se configura em soluções eficazes e sustentáveis em função ao seu custo/benefício

Já as medidas não estruturais, tais como zoneamento de áreas de inundação, alerta e seguros (Tucci, 1997) são de caráter preventivo, minimizando os prejuízos com um custo menor em relação as estruturais e sua gestão é de competência do poder público. De acordo com o mesmo autor, Tucci (2009) as principais medidas não-estruturais são as seguintes:

- Sistema de Previsão de Cheias em Tempo Real e Plano de Evacuação;
- Elaboração de um detalhado Mapa de Inundações dos municípios atingidos;
- Zoneamento das Áreas Urbanas e Regulamentação do Uso do Solo;
- Compra de Áreas de Inundação pela municipalidade;
- Estabelecimento de adequadas Políticas de Desenvolvimento para os municípios, que possam minimizar os prejuízos das enchentes,
- Outras medidas localizadas.

Para cada situação deve ser realizada uma análise de forma a combinar medidas estruturais e não-estruturais em busca a atingir a solução ideal em função das relações e características entre os sistemas que o compõem.

3 METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos desdobram-se em três etapas: revisão da literatura, levantamento de dados; análise e interpretação dos dados. O procedimento aplicado neste trabalho se configura no método qualitativo de caráter exploratório, onde o tipo de pesquisa é realizado mediante a um estudo de caso. No qual, a delimitação do estudo é executada por meio do levantamento bibliográfico referente à área de estudo.

Os dados socioeconômicos e ambientais foram apurados em pesquisas efetuadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Já os dados pluviométricos que foram coletados da Agência Executiva de Gestão de Águas (AESAs) no período de 2000 a 2017.

A identificação dos desastres hidrometeorológicos foi efetuada através do Ministério da Integração Nacional mediante suas portarias de reconhecimento de Situação de Emergência (SE) e as portarias de Estado de Calamidade Pública (ECP), ofertado pelo Banco de Dados de Registro de Desastres, gerenciado pela Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC) disponíveis na página do site do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID). Também foram utilizados os formulários de Avaliação de Danos (AVADAN) do Sistema Nacional de Defesa Civil (SINDEC), com a finalidade de avaliar os danos ambientais, humanos, materiais e os prejuízos sociais e econômicos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Região Nordeste e o Estado da Paraíba

A região semiárida do Brasil é composta por: Alagoas, os sertões da Bahia, Ceará, norte de Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Maranhão e Sergipe. Percebe-se que a região possui um certo nível de heterogeneidade, mesmo considerando que a variação da temperatura está contida na faixa entre 27° a 29°C (APOLINÁRIO et al., 2017). O semiárido é marcado pela vasta variabilidade e vulnerabilidade climática, que propicia a distribuição de chuvas, caracterizado por uma disposição irregular que pode ser responsável pela incidência de eventos extremos.

De acordo com Nimer (2005) *apud* Pereira, (2009, p.36):

Os totais de precipitação estão em torno dos 800mm anuais. Para o autor, a área referente a todo o sertão nordestino não possui mais de 1.000mm de chuva em média. Neste, em 50% de seu território os índices são inferiores a 750mm, caindo abaixo de 500mm nas áreas denominadas de Raso da Catarina (Bahia-Pernambuco) e Depressão de Patos (Paraíba).

Verifica-se que os quatro meses mais chuvosos para Estados do Norte do Nordeste, como Ceará, Rio Grande do Norte e parte da Paraíba, ocorrem de fevereiro a maio, enquanto para o Oeste da Paraíba, Pernambuco, Leste do Piauí e região Norte da Bahia, a quadra chuvosa (quatro meses com maiores totais pluviométricos) são janeiro, fevereiro, março e abril, sendo que, em algumas dessas regiões, já é possível observar a ocorrência de alguma precipitação no mês de dezembro (CORREIA et al. [20--]).

4.2 Caracterização da área de estudo

De acordo com a Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE (2017), o semiárido paraibano possui uma área de 51.306 km² e abrange 194 municípios, totalizando uma população de 2.498.117 habitantes, distribuídos em suas Regiões Geográficas Intermediárias, conforme a Figura 5.

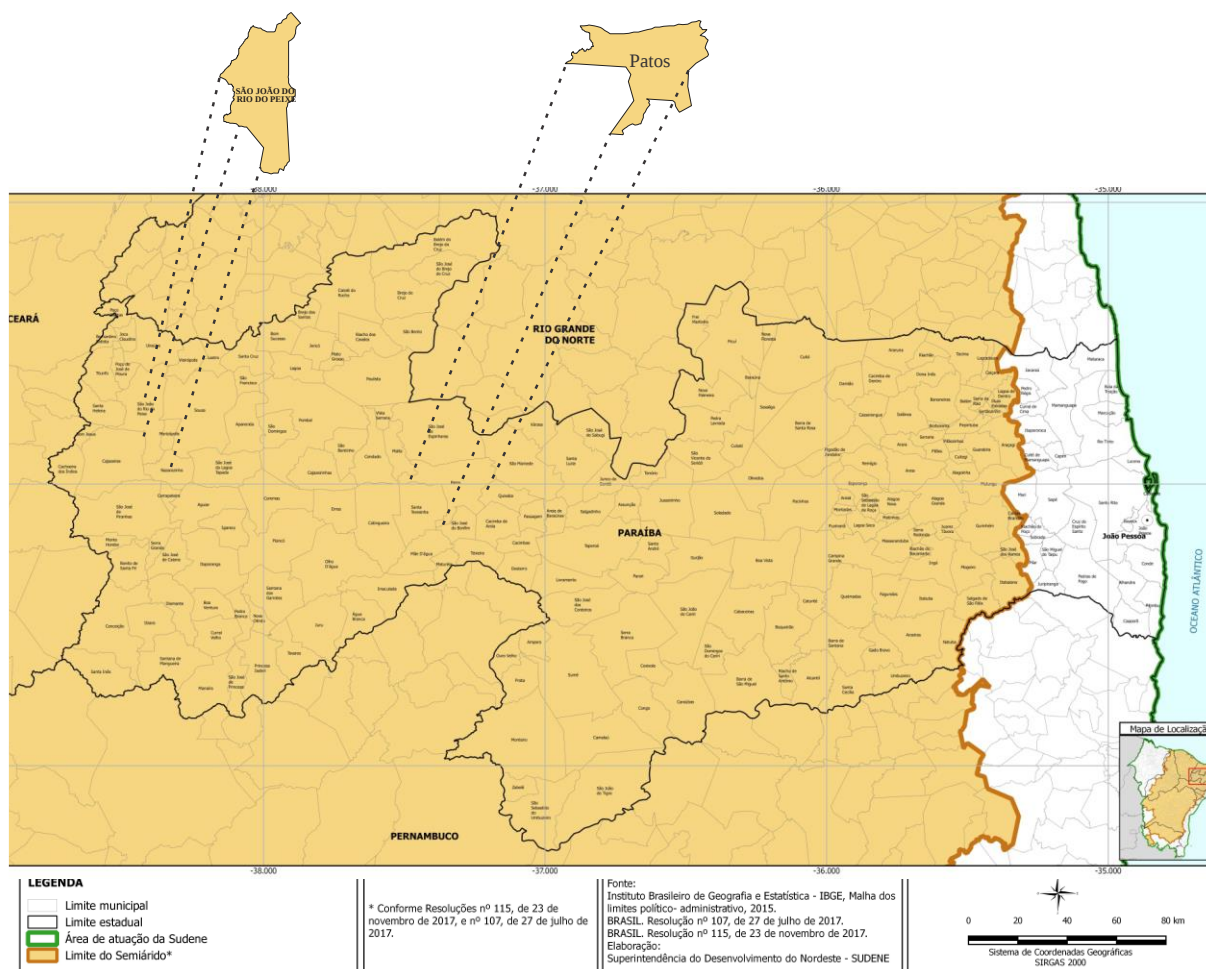


Figura 5 – Área de estudo: região semiárida do estado da Paraíba, municípios Patos e São João do Rio do Peixe.

Fonte: adaptado de SUDENE (2017).

O território paraibano não se resume a problemas de secas acentuadas, a variabilidade espacial e temporal nas precipitações pluviométricas pode deflagrar a ocorrência do fenômeno da inundação, que pode ser visível tanto na faixa litorânea como nos lugares considerados menos propícios a exemplo da região semiárida. A região do semiárido dispõe de altos índices de cheias, embora não sejam frequentes devido a distribuição irregular de chuvas e dos baixos

níveis de precipitação anual que variam entre 400 a 800 mm (AESAs, 2018). Esses altos índices tornam a região tão vulnerável a riscos de desastres por inundação quanto as secas.

4.2.1 Município de Patos

O município de Patos está localizado na antiga mesorregião do Sertão Paraibano hoje denominada de Região Geográfica intermediária de Patos, que faz parte da Região Geográfica Imediata de Patos. Possui 100.674 habitantes, constituindo-se da quarta maior população da Paraíba, com uma densidade demográfica de 212,82hab/km² (IBGE, 2010). “A vegetação característica do município de Patos é denominada de caatinga arbustiva aberta, apresentando uma vegetação xerófila e caducifólia em sua grande maioria”. No perímetro urbano da cidade de Patos, o rio Espinharas é o mais importante da região, formado pelos Rios da Cruz e Farinha (SANTOS, 2013 *apud* ALVES, 2016).

Seu território possui o clima no domínio semiárido quente e seco com poucas chuvas, tipo Bsh de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger (Silva, 2010 *apud* Ramos et al., 2016), com temperatura média anual de 27°C e com precipitação média anual de 400 a 800 mm/aa, sendo distribuída de forma irregular entre as estações chuvosas, que dura de fevereiro a abril, e a seca, disposta nos demais meses (PARAÍBA, 1985 *apud* NASCIMENTO e LIMA, 2013).

Segundo IBGE (2010), o município contempla em 85,5% dos domicílios urbanos o esgotamento sanitário, dos quais, apenas 5,5% têm acesso a infraestrutura adequada. Nos bairros carentes de Patos a infraestrutura urbana é precária que, segundo Monteiro (2012 *apud* SANTOS et al., 2015) apresenta ruas sem pavimentação, calçadas sem padrão efetuadas de forma irregular, inexistência de coleta de lixo, patrimônios deteriorados, esgoto a céu aberto onde os dejetos são conduzidos de forma irregular para galerias de águas pluviais. A rede de captação de águas pluviais grande parte foi construída em 1970 e o tempo de alcance do projeto não acompanha o crescimento populacional local, sendo um problema de falta de planejamento (NASCIMENTO e LIRA, 2013).

4.2.2 Município de São João do Rio do Peixe

O município de São João do Rio do Peixe está inserido no extremo oeste do sertão paraibano Região Geográfica intermediária de Sousa – Cajazeiras que faz parte da Região Geográfica Imediata de Cajazeiras. Possui 18.201 habitantes, com uma densidade demográfica de 38,36 hab/km² (IBGE, 2010).

São João do Rio do Peixe está inserido na unidade geoambiental da Depressão Sertaneja, mais precisamente, na Sub-Bacia Sedimentar de Sousa que forma parte da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe. De acordo com Matos (1992) apud Castro (2005), p.302-303:

No extremo oeste do Estado da Paraíba encontra-se a bacia rifte Rio do Peixe, com uma área de cerca de 1.000Km². Esta faz parte de uma série de bacias sedimentares de pequeno a médio porte, formadas pelos esforços tectônicos que culminaram com a abertura do Atlântico Sul, no Cretáceo Inferior. Seu arcabouço estrutural é composto por três domínios crustais distintos, intensamente deformados por extensas zonas de cisalhamentos e intrudidos por corpos graníticos. A bacia sedimentar é dividida em três subbacias, separadas por altos estruturais (Brejo das Freiras ou Triunfo, Sousa e Pombal) [...].

De acordo com a classificação de Koppen-Geiger, cidade está inserida sob o domínio do Clima Tropical Chuvoso, quente e úmido, caracterizado por chuvas no verão, destacando se os meses de março e abril, no qual, ocorrem elevadas precipitações e no outono precipitações máximas, ou seja, clima Aw’.

De acordo com o IBGE (2010), no município, 32.2% da população têm acesso a coleta de esgotamento sanitário, no entanto, o lançamento dos resíduos líquidos domésticos é efetuado diretamente nos mananciais aquáticos a exemplo de: Rio do Peixe, Riacho Olho D’água e a “Lagoa” sem qualquer tipo de tratamento, essa prática acarreta no processo de eutrofização das águas, que somado ao acúmulo de águas advindos do período de enchentes ocasionando inúmeras doenças de veiculação hídrica na população (PEREIRA, 2009).

Os problemas ambientais gerados pelas irregularidades no descarte de resíduos e da retirada da mata ciliar no Rio do Peixe, provocam assoreamento do rio e como consequências o desabamento das suas margens de forma a elevar sua área de inundação.

4.3 Inundações no semiárido paraibano

Considerando a série histórica do período de 1994 a 2018, expressa na Figura 6, no qual é verificado o desvio anual da precipitação em porcentagem, em que, se observa que os anos de 1994, 2000, 2004, 2008, 2009 e 2011 foram os que se destacaram por apresentar ocorrência de chuvas intensas, distribuídas por regiões homogêneas do Estado.

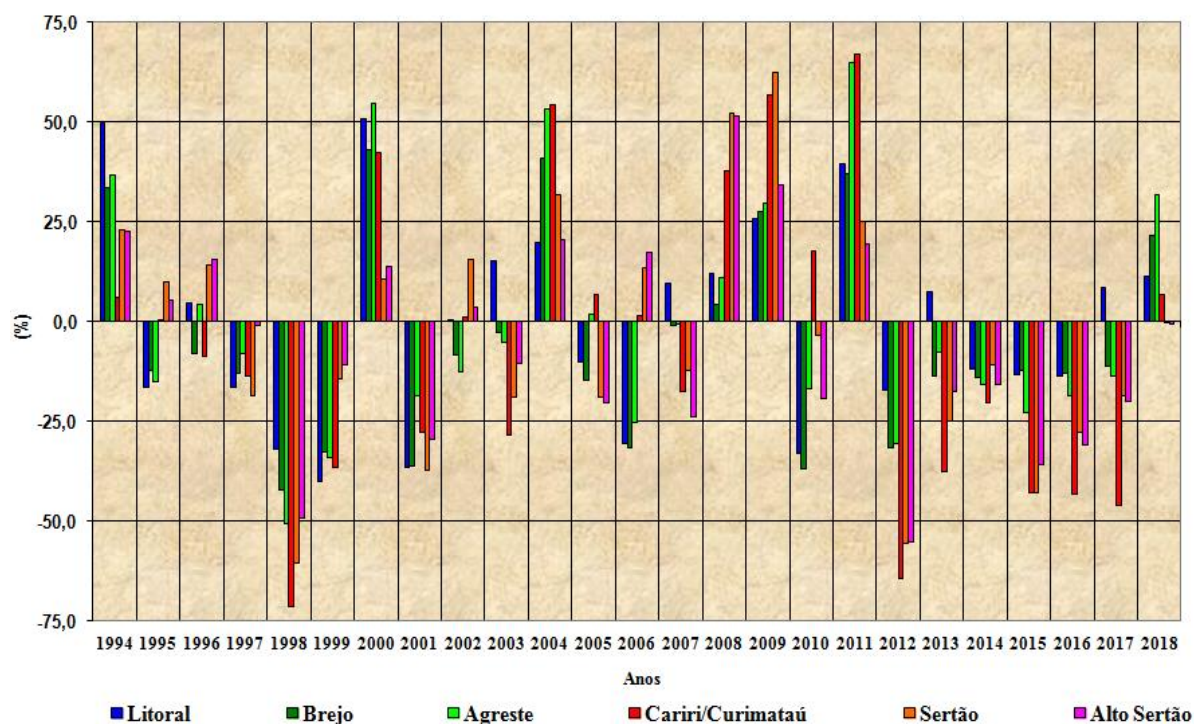


Figura 6 - Desvio anual da precipitação (%) por regiões homogêneas – 1994 a 2018.

Fonte: Agência Executiva de Gestão das Águas (AESAs), Governo da Paraíba, 2018.

Segundo informações apresentadas por Filgueira (2018) as chuvas de 2004 ocasionaram problemas de inundações em 145 municípios. Em 2008, 124 municípios foram atingidos pelas chuvas intensas e resultou em 445 açudes rompidos, seguido do ano de 2009 com 39 municípios, e em 2011 foram totalizados 52 municípios, onde 25.188 pessoas foram atingidas, ficando atrás apenas do ano de 2004 dentre os anos citados, em que 27.792 pessoas foram atingidas pelos impactos da inundação. No entanto, apesar de se ter um maior número de pessoas atingidas em 2011, isso foi devido ao fato de que as chuvas nesse ano, atingiram também muitos municípios do litoral paraibano (Figura 6).

Nas cidades do semiárido, onde se configura em grande escala os desastres naturais do tipo estiagem/seca, embora haja variação climática e ausência de chuvas constantes, não impede a ocorrência de chuvas isoladas e de grande intensidade, deste modo, podendo desencadear desastres hidrometeorológicos. Por se tratar de eventos esporádicos, não há uma preocupação de fazer um planejamento eficaz de morfologia urbana.

4.3.1 Inundações no município de Patos

Entre os anos de 2000 a 2018, foi analisado os eventos associado ao fenômeno da inundação, cuja ocorrência se deu nos anos de 2004, 2008, 2009 e 2011. As chuvas intensas atreladas aos problemas do processo da urbanização desordenada, comprometem principalmente os bairros periféricos, como Santo Antônio, Cangote do Urubu, Mutirão, Juá Doce, entre outros, conforme o mostrado na Figura 7.



Figura 7 – Localização do rio Espinharas – Patos, PB.

Fonte: Google Earth (2018).

O índice de precipitação pode ser utilizado como instrumento na análise da exposição aos desastres hidrometeorológicos, onde os elevados valores deflagrados são indicadores dos anos em que o município esteve susceptível ao fenômeno da inundação, como pode ser observado na Figura 8.

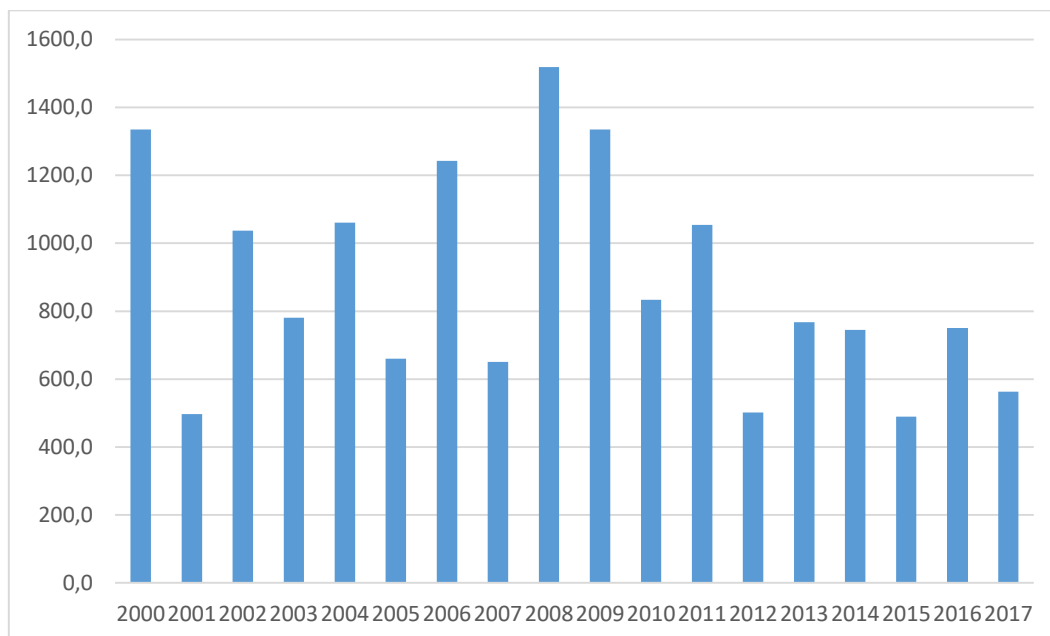


Figura 8 – Precipitação total anual em Patos, 2000 a 2017.

Fonte: adaptado de AESA (2018).

As precipitações pluviométricas ocorridas no ano de 2004, nos meses de janeiro e fevereiro levaram a ocorrência de inundações bruscas, afetando tanto a zona rural, quanto a urbana. De acordo com o relatório de avaliação de danos (AVADAN), do Sistema Nacional da Defesa Civil (SINDEC), esse evento causou danos humanos na ordem de 718 pessoas afetadas, dentre elas 575 pessoas ficaram desalojadas. Houve também, prejuízos econômicos na área de estradas vicinais, no qual, 04 açudecos ficaram danificados.

Em 2008 o município de Patos foi atingido por inundações graduais, danificando ruas, casas, estabelecimentos comerciais do setor calçadista, indústrias, 300m de rede de distribuição de água que acarretou no prejuízo de 200 mil reais. Nos quais, dentre os danos humanos 40.000 pessoas foram atingidas (SINDEC, 2009).

De acordo com o Figura 8, é possível observar que durante o ano de 2009 registrou uma anomalia de chuva, diante o apresentado no dia 14 de abril do mesmo ano obteve o índice de com 284,6 mm, no qual, o município enfrentou enxurradas e assim, declarou Situação de Emergência (SE), esse episódio atípico apresentou chuvas intensas e de longa duração, como consequência casas populares foram destruídas e resultou em 175 casas populares danificadas e 21 casas destruídas, conforme a Figura 9, trechos de estradas foram interditadas, açudes e as barragens transbordaram invadindo residências, segundo a Defesa

Civil do município, tendo sido reconhecido o desastre hidrológico pelo Ministério da Integração Nacional através da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINDEC, 2009).

ANO	DESCRIÇÃO DO EVENTO	DANOS (AVADAN)
2004	Inundações Bruscas (Enxurradas)	718 pessoas afetadas; 575 pessoas desalojadas, 04 açudecos danificados
2008	Inundações Graduais	300m de rede de distribuição de água danificados; 40.000 pessoas atingidas.
2009	Inundações Bruscas (Enxurradas) Situação de Emergência (SE)	175 casas danificadas, 21 casas destruídas
2011	Inundações Bruscas (Enxurradas)	NÃO REGISTRADO

Figura 9 – Descrição dos eventos de inundação em Patos.

Fonte: adaptado de SINDEC (2018).

Em Patos a ocupação inadequada às margens do rio Espinharas que surge em confluência ao rio da Cruz, propicia o surgimento do acúmulo de resíduos no rio, onde em muitos pontos se encontram secos, com erosão e assoreado resultante da ausência da mata ciliar devido a antropização da área. O efeito das chuvas intensas associado a infraestrutura deficiente é verificado na Figura 9, configuradas no bairro de Monte Castelo, localizado na periferia do município.



Figura 10 – Chuvas intensas no bairro de Monte Castelo, no ano de 2009.

Fonte: <http://www.obeabadosertao.com.br/v3/cheia_faz_prefeitura_de_patos_decretar_situacao_de_emergencia__1805.html>

Embora o ano de 2011 não tenha sido registrado no banco de dados de registros de desastres do Sistema de Informações Sobre Desastres (S2ID), o Portal JP Notícias relatou o evento de inundação no mês de abril desse mesmo ano, onde em poucos minutos algumas áreas da cidade sofreram impactos das chuvas intensas, a exemplo do centro da cidade que foi inundado, conforme mostrado na Figura 10. É importante destacar ainda que esse fenômeno é agravado devido à alta taxa de impermeabilidade do solo em decorrência do elevado número de ruas pavimentadas e devido à cidade não dispor de canais de escoamento de águas pluviais. Além disso, alguns bairros distantes do centro da cidade também foram atingidos, a exemplo do bairro de Jatobá, que se limita ao Leste com o rio Farinha e ao Oeste com o rio da Cruz. Essa região é caracterizada por apresentar crescimento inadequado de casas próximas ao rio.



Figura 11 – Inundação no centro da cidade no ano de 2011.

Fonte: <<http://www.redacao.portaljpnoticias.com/2011/02/chuva-causa-inundacoes-e-transtornos-em.html>>.

Em dezembro de 2011, com o intuito de evitar os impactos da inundação a Prefeitura de Patos recorreu as medidas estruturais com obras de macrodrenagem da bacia, o canal do Frango que contempla 2.660 metros de extensão e interligam alguns bairros recorrentes do fenômeno da inundação, a exemplo dos bairros Novo Horizonte, Noé Trajano, Jardim Europa e Bela Vista até o desaguar do rio Espinharas onde o cenário é de desequilíbrio ambiental e assim, não comporta condições de moradia. A poucos metros do leito do rio, devido a poluição do manancial, as características físicas, químicas e biológicas estão alteradas, conforme Figura 11.



Figura 12 – Final do canal do Frango, bairro Juá Doce.

Fonte: <<http://www.patosonline.com/post.php?codigo=3611>>.

E assim, essa medida adotada em caráter paliativo, gera uma falsa sensação de segurança, pois, após as primeiras chuvas fortes no ano de 2014 o canal do frango teve um trecho de 30 metros destruído, conforme a Figura 12, além de gerar impactos negativos por sua intervenção no leito natural do rio, ocasiona desequilíbrio no ecossistema, perda da cobertura vegetal e da biodiversidade, perdendo os serviços ambientais prestados pela natureza.



(a)

(b)

Figura 13 – Trecho do canal do frango destruído.

Fonte: <<http://www.patosonline.com/post.php?codigo=3611>>.

4.3.2 Inundações no município de São João do Rio do Peixe

O desenvolvimento rural e urbano na cidade de São João do Rio do Peixe se deu as margens do rio, conforme a Figura 14 A localização geográfica em solo urbano apresenta uma extensa planície fluvial do Rio do Peixe, além de baixa capacidade de escoamento. A evolução do uso do solo atrelada ao processo de urbanização a margem do leito do rio acarreta na retirada da vegetação ribeirinha, que é um dos responsáveis pelo processo de assoreamento do canal fluvial, ampliando a possibilidade de ocorrência de inundações.



Figura 14 - Localização da cidade - São João do Rio do Peixe, PB.

Fonte: Google Earth (2018).

Registros da série histórica de 2000-2018 mostram que as precipitações do ano de 2008 foram as mais intensas conforme a Figura 15, quando o total acumulado de chuva excedeu à média histórica. As precipitações excepcionais do mês de abril alcançaram 677,1 mm, devido às chuvas torrenciais, o rio do Peixe atingiu o seu limite máximo inundando parte da cidade, afetando 7.093 pessoas. As perdas econômicas em 2008, no setor da agricultura totalizaram 1,271 mil toneladas de grãos/cereais/leguminosas, houve prejuízo total de R\$878.000,00(oitocentos e setenta e oito mil reais) (SINDEC, 2008).

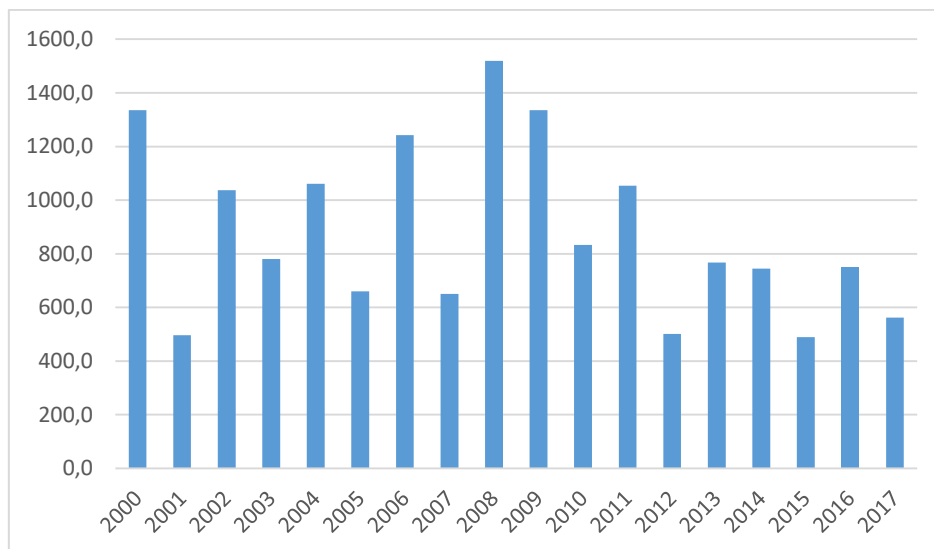


Figura 15 –Precipitação total anual em São João do Peixe, 2000 a 2017.

Fonte: adaptado de AESA (2018).

Nos locais onde o lançamento do esgoto doméstico é feito de forma *in natura* nos corpos hídricos, como por exemplo o bairro da Estação conforme a Figura 16, são intensificados os impactos da inundação, pois, além da população desocupar suas residências estão sujeitas a contaminação oriundas do lançamento do esgoto.



Figura 16 – Águas do Rio do Peixe inundam bairro da Estação.

Fonte: <http://www.obeabadosertao.com.br/v3/cheia_faz_prefeitura_de_patos_decretar_situacao_de_emergencia__1805.html>.

No ano de 2009 o reconhecimento de desastres foi do tipo enxurradas, conforme a Figura 17, embora tenha apresentado índices de precipitação menores do que o ano anterior, foram registrados que em apenas 06 (seis) dias do mês de abril, choveu em torno de 402,3 mm.



Figura 17 – Inundações na cidade de São João do Rio do Peixe no ano de 2009.

Fonte: Eng. Antônio Cavalcanti Brito (2018), Gerente Operacional da Gerência Executiva Estadual de Defesa Civil (GEEDEC) – Paraíba (2018).

No setor da agricultura houve prejuízo econômico de R\$ 1.116.480,00, dentre os danos humanos cerca de 5.531 pessoas foram atingidas, segundo a Figura 18, houveram danificação de vias vicinais acarretou na interrupção das aulas durante 10 dias (SINDEC, 2009).

ANO	DESCRIÇÃO DO EVENTO	DANOS (AVADAN)
2008	Inundações Graduais	1,271 mil toneladas de grãos/cerais/leguminosas 7.093 pessoas atingidas.
2009	Inundações Bruscas (Enxurradas)	5.531 pessoas atingidas, Interrupção das aulas no período de 10 dias, Prejuízo de 1.116.480,00 R\$ no setor da agricultura.

Figura 18 – Descrição dos eventos de inundação em Patos.

Fonte: adaptado de SINDEC (2018).

CONCLUSÃO

A região semiárida apresenta grande oscilação na quantidade de chuva precipitada, caracterizada pela ocorrência de longos períodos secos. Entretanto, dependendo da intensidade e da duração do regime de chuva, pode provocar impactos adversos quanto a estiagem.

As ocupações inapropriadas em áreas de planície de inundação do baixo curso do rio são visíveis nas duas áreas de estudo, entretanto, o regime hídrico que é de caráter sazonal, por vezes, apresenta anos sem nenhum episódio de cheia, consequentemente gerando uma sensação de segurança, o que leva a população a residir nesses ambientes, caracterizados muitas vezes como insalubres, porém, no período onde as chuvas são intensas o fenômeno da inundação atua gerando perdas ambientais, sociais e econômicas.

Os resultados apontam que os municípios estudados não estão preparados para eventos dessa natureza, contam com poucos projetos de infraestrutura, possuem saneamento básico precário e não apresentam obras de drenagem de água pluvial. O planejamento de gestão de águas deve ser implantado com o intuito de amenizar os impactos causados por esse evento natural, abordando práticas de controle e prevenção de inundações de forma a combinar medidas estruturais e não estruturais.

As técnicas de captação e armazenamento de água da chuva podem ser aplicadas nas áreas de estudos em períodos chuvosos, onde são constatados altos índices de precipitação, dessa forma tendem a amenizar os impactos causados pela estiagem. Tais técnicas como a construção de barragens, cisternas, poços podem ser utilizadas na irrigação ou próprio abastecimento da cidade.

Cabe ao poder público, além de promover planejamento urbano reforçar a educação ambiental, estimular as pesquisas para possíveis mapeamentos de áreas de risco e realizar fiscalização das áreas vulneráveis, a fim de, conscientizar a população e mostrar que todos são responsáveis em manter o ambiente em equilíbrio.

REFERÊNCIAS

ALHEIROS, M.M. **Gestão de riscos geológicos no Brasil**. Revista Brasileira de Geologia de Engenharia Ambiental, 1(1): 109-122. 2011. Disponível em: <<http://itpack31.itarget.com.br/uploads/abe/arquivos/RevistaABGEMargarethpdf.pdf>> Acesso em: 12/08/2018.

ALVES, J. B., et al. **Levantamento dos impactos ambientais de um trecho de mata ciliar em região de caatinga no sertão paraibano**. I Congresso Internacional de Diversidade do Semiárido, 2013.

APOLINÁRIO, O. K. S., et al. **Distribuição espaço-temporal da pluviosidade no município de Cabaceiras, semiárido paraibano – Brasil**. I Workshop Internacional Sobre Água no Semiárido Brasileiro. Campina Grande-PB, 2017.

BARBOSA, F. A. R. **Medidas de proteção e controle de inundações urbanas na bacia do rio Mamanguape/PB**. 115f. Dissertação de mestrado (Mestrado em Urbanismo) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2006.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1998**. Brasília: Diário Oficial da União, 1998.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. **Anuário brasileiro de desastres naturais: 2012**. Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. - Brasília: CENAD, 2012.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Departamento de Minimização de Desastres. Módulo de formação: **noções básicas em proteção e defesa civil e em gestão de riscos**: apostila do aluno. Ministério da Integração Nacional, Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, Departamento de Minimização de Desastres - Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2017. Disponível em: <<http://www.integracao.gov.br/documents/3958478/0/I+-+Gestao+de+Risco+-+Livro+Base.pdf/7f00f4ac-14ba-4813-b3d3-561a703d62a7>> Acesso em: 17/09/2018.

BRASL. IBGE. **Censo democrático, 2010**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>> Acesso em: 01/10/2018.

BRASIL. Ministério da Integração. **Delimitação do semiárido**. SUDENE, 2017. Disponível em: <<http://www.sudene.gov.br/planejamento-regional/delimitacao-do-semiarido>>. Acesso em 14/09/2018.

BIANCO, B. de M. D., et al. **A engenharia diante dos desastres naturais na cidade de Curitiba: os alagamentos e inundações repentinas no bairro Alto**. Programa de Apoio à Iniciação Científica - PAIC 2013-2014. Disponível em: <<https://cadernopaic.fae.edu/cadernopaic/article/viewFile/37/36>> Acesso em 17/09/2018.

CASTILLO, G. B.. **Desastres, desarrollo y sostenibilidad**. Espacio Regional, Osorno, vol. 2, n.º 8, pp. 15 – 24, julio-diciembre, 2011.

CARDONA, O. D. **Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo**. In: MASKREY, Andrew (Ed.). Los desastres no son naturales. Colombia: LA RED; ITDG, p. 51-74, 1993.

CASTRO, D. L. de. **Modelagem gravimétrica 3-D de corpos graníticos e bacias sedimentares com embasamento estrutural de densidade variável**. Revista Brasileira de Geofísica, Vol.23(3), 2005. Disponível em: <http://scielo.br/pdf/rbg/v23n3/a08v23n3.pdf>.> Acesso em 25/09/2018.

CESCO, S.; CEOLIN, L. P. S.. **Políticas públicas e inundações do rio Uruguai no município de São Borja: o olhar dos atingidos e a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil**. Revista Brasileira de Ciência Política, no 22. Brasília, pp 285-328, janeiro -abril de 2017. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-33522017000100285 Acesso em: 03/09/2018.

COMDEC - Coordenadoria Municipal de Defesa Civil. **Plano preventivo de defesa civil (plano de contingência) para o período chuvoso de outubro de 2012 a março de 2013**. Muriaé-MG, 2012. Disponível em: http://defesacivil.mg.gov.br/images/documentos/Defesa%20Civil/boas-praticas/Plano_Preventivo_Defesa_Civil_2012_2013.pdf> Acesso em 05/08/2018.

COLLISCHONN, E. **Inundações em Venâncio Aires/RS: interações entre as dinâmicas natural e social na formação de riscos socioambientais urbanos**. 2009. 327p. Tese de doutorado - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Florianópolis, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/>> Acesso em: 04/10/18.

CORREIA, R. C. et al. **A região semiárida brasileira**. [20--] Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/54762/1/01-A-regiao-semiarida-brasileira.pdf-18-12-2011.pdf>> Acesso em: 12/10/2018.

CUNHA, S.; PINTO, F.T.. **Aplicação de uma metodologia de análise de risco de inundações à zona ribeirinha do peso da régua**. In: 6.as Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, FEUP, ISBN 978-989-95557-5-4. 2011.

DOOCY S, et al. **The Human Impact of Floods: a Historical Review of Events 1980-2009 and Systematic Literature Review**. PLoS Curr. Disponível em: <http://currents.plos.org/disasters/article/the-human-impact-of-floods-a-historical-review-of-events-1980-2009-and-systematic-literature-review/>> Acesso em 05/08/2018.

EM-DATA/CRED. The International Disaster Database / Centre for Research on the Epidemiology of Disaster. **General Classification**. 2009. Disponível em: <https://www.emdat.be/classification>>. Acesso em: 24/08/2018.

FILGUEIRA, H. J. A. **Os desastres relacionados com fenômenos naturais no contexto dos sistemas organizacionais.** In: GARCIA, J. P. M. (Org.). Desastres na Paraíba: riscos, vulnerabilidade e resiliência. João Pessoa, PB: Editora Universitária da UFPB, 2013. p. 53-63. ISBN: 978.85.237.0590-9.

FILGUEIRA, H. J. A. **Água de mais ou de menos: um problema para o semiárido brasileiro. II Trocando ideias sobre climatologia.** João Pessoa, PB, 24 de abril de 2018.

FURTADO, S. B. **Gerenciamento de riscos e redução de acidentes geológicos associados a escorregamentos.** 2014. 77p. Dissertação de mestrado - Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2014. Disponível em: <http://repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/6403/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_GerenciamientoRiscosRedu%C3%A7%C3%A3o.pdf> Acesso em: 16/08/2018.

GIRÃO, O. **Reconstrução do clima no nordeste brasileiro secas e enchentes do século XIX.** Em: Finisterra, XLVII, 93, 2012, pp. 29-47. Disponível em: <http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0430-50272012000100002&lng=pt&nrm=iso> Acesso em 02/08/2018.

GOMES, R. L. ; HORA, S. B. da. **Mapeamento e avaliação do risco a inundação do Rio Cachoeira em trecho da área urbana do Município de Itabuna/BA.** 2009. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/250054607_Mapeamento_e_avaliacao_do_risco_a_inundacao_do_Rio_Cachoeira_em_trecho_da_area_urbana_do_Municipio_de_ItabunaBA> Acesso em 02/08/2018.

GUICHARD, G. S. S. **INUNDAÇÕES URBANAS: córrego das Antas e córrego Cesários em Anápolis.** ANAIS - Seminário de Pesquisa, Pós-Graduação, Ensino e Extensão do CCSEH – SEPE Os desafios para a formação do sujeito e os rumos da pesquisa e da extensão universitária na atualidade - 26 a 28 de agosto de 2015. Disponível em: <<http://www.anais.ueg.br/index.php/sepe/article/viewFile/5254/4161>> Acesso em: 14/09/2018.

GOOGLE. Google Earth. Versão 9.2.68.3, 2018. **Rio Espinharas, Patos – PB.** Disponível em: <https://earth.google.com/web/search/Rio+Espinharas,+Patos+-+PB/@-7.02228849,-37.27055225,245.0481551a,8696.2256379d,35y,0h,0t,0r/data=CigiJgokCb5XlbWcFzFAEav_DaJE6jPAGXwgTWcljEbAIWleVmKvJmLA> Acesso em: 16/09/2018.

GOOGLE. Google Earth. Versão 9.2.68.3, 2018. **São João do Rio do Peixe – PB.** Disponível em: <https://earth.google.com/web/@-6.752928,-38.44826515,245.09175221a,92342.94368854d,35y,0h,0t,0r/data=C14aXBJUCiQweDdhNDY0NmU3MDI1MzhZjowDVkZDM3YWwRiYzY5OWZiN2UZhZ6DHbXoGsAh10roLok5Q8AqGlPDo28gSm_Do28gZG8gUmlvIGRvIFBlaXhlGAIgASgC> Acesso em: 16/09/2018.

LIMA, I. **Inundações urbanas: desafios ao ordenamento do território: O caso da cidade da praia (Cabo Verde).** Dissertação de mestrado - Universidade de Lisboa Instituto de Geografia e Ordenamento do Território. 135p. 2012. Apoio financeiro do Instituto Português de Apoio ao Desenvolvimento (IPAD) no âmbito de Cooperação com Cabo Verde, 2012.

MOURA, M. de O, et al. **Desastres hidrometeorológicos na região Nordeste do Brasil: distribuição espaço - temporal dos reconhecimentos de Estado de Calamidade Pública.** ISSN 2318-2962 Caderno de Geografia, v.26, número especial 2, 2016. Disponível em: <<http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/p.2318-2962.2016v26nesp2p259>> Acesso em: 16/09/2018.

NASCIMENTO, Pedro Jorge Alves do; LIRA, Roberta Trindade Monteiro. **Uma abordagem sobre o desenvolvimento urbano da cidade Patos, Estado da Paraíba.** REVISTA BRASILEIRA DE DIREITO E GESTÃO PÚBLICA – RBDGP, . 1, n. 2, p. 10-16, abr.-jun., 2013. Pombal - Paraíba, 2013.

PEREIRA, L. J. A. **A problemática socioambiental na cidade de São João do Rio do Peixe – pb.** 2009. 93p Monografia(Especialista em Geografia) - Universidade Federal de Campina Grande. Disponível em: < <http://www.cfp.ufcg.edu.br/geo/monografias/liviaJordana.pdf>> Acesso em: 28/09/2018

ReCESA – Rede de Capacitação Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental. **Águas Pluviais: planejamento setorial de drenagem urbana: guia do profissional em treinamento: nível 2.** 95p. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org). Salvador, 2008.

SILVA, J. P. R. P. da. **Riscos e desastres ambientais causados por inundações em áreas urbanas: um estudo da paisagem sob a visão sistêmica.** 2009. 74p. Dissertação de mestrado – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Rio Claro, 2009.

SMITH, K. Hazard in the environment. In: **ENVIRONMENTAL HAZARDS - Assessing risk and reducing disaster.** Fourth edition. New York, NY: Routledge, 2004. p. 4-18. Disponível em: https://arjzaidi.files.wordpress.com/2016/09/9781136647154_sample_8306701.pdf Acesso em 07/08/2018.

SANTOS, K. R. dos. **Inundações urbanas: um passeio pela literatura.** Élisée – Revista de Geografia da UEG, v.1, n.01 (2012). Disponível em: < <http://www.revista.ueg.br/index.php/elisee/article/view/585>> Acesso em 07/08/2018.

SANTOS, A. M. dos, et al. **Formação urbana e a vulnerabilidade das cidades do sertão paraibano à chuva.** Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade - Vol. 3: Congestas 2015 ISSN 2318-7603

TOMINAGA, L.K. & SANTORO, J. Amaral, R. (Org.) 2012. **Desastres Naturais: Conhecer para prevenir.** Instituto Geológico/Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo.

TUCCI, Carlos E. M. **Água no meio urbano: Livro da água doce - cap 14,** Instituto de pesquisa hidráulica. UFRGS – Porto Alegre- RS: 1997.

TUCCI, C. E. M. **Drenagem Urbana e Controle de Inundação.** In: **Ciência da Terra e meio ambiente.** São Leopoldo – RS: Editora da Unisinos. p 147 - 174. 1999.

TUCCI, C. E. M. **Gerenciamento da Drenagem Urbana**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Volume 7, nº .1, Jan/Mar, 5-27. 2002. Disponível em: <<http://rhama.com.br/blog/wp-content/uploads/2017/01/GEREN02.pdf>> Acesso em: 13/09/2018.

TUCCI, Carlos E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. Ministério das Cidades – Global Water Partnership - World Bank – Unesco 2005, 192p.

TUCCI, C.E.M. Águas Urbanas. In: TUCCI, C.E.M e BERTON, J.C. (Org). **Inundações Urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003a.

TUCCI, C.E.M. Inundações e Drenagem Urbana. In: TUCCI, C.E.M e BERTON, J.C. (Org). **Inundações Urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003b.

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. **Atlas brasileiro de desastres naturais: 1991 a 2012. Volume Paraíba**. 2. ed. ver. ampl. Florianópolis, SC: UFSC/CEPED, 2013. 105 p.

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Capacitação em Gestão da Água: **Educação para a Prevenção e Redução de Riscos Climáticos**. Florianópolis, SC, 2014, 98p.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction – UNISDR; Centre for Research on the Epidemiology of Disasters – CRED. **The human cost of weather related disasters 1995-2015**.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction – UNISDR. **Terminology on disaster risk reduction**. Geneva, may. 2009. Disponível em: <https://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologyEnglish.pdf> Acesso em: 26/07/2018.

VALENCIO N. **Desastres, Ordem Social e Planejamento em Defesa Civil: o contexto brasileiro**. Saúde Soc 2010; 19(4):748-762. Disponível em: <<https://scielosp.org/pdf/sausoc/2010.v19n4/748-762/pt>> Acesso em: 26/09/2018.

VARGAS, J. E. **Políticas públicas para la reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres naturales y socio-naturales**. Santiago de Chile: Comisión Económica 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/lcl1723e_1.pdf>. Acesso em: 13/10/2018