



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

**JONAS DA SILVA DIAS**

**VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL E MAPEAMENTO DE ÁREAS DE  
RISCO À INUNDAÇÃO: UMA ANÁLISE DOS POSSÍVEIS IMPACTOS EM UM  
PERÍODO DE CHUVAS NO MUNICÍPIO DE POMBAL-PB**

**POMBAL-PB**

**2017**

**JONAS DA SILVA DIAS**

**VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL E MAPEAMENTO DE ÁREAS DE  
RISCO À INUNDAÇÃO: UMA ANÁLISE DOS POSSÍVEIS IMPACTOS EM UM  
PERÍODO DE CHUVAS NO MUNICÍPIO DE POMBAL-PB**

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

Orientador (a): Prof. Dr. LUÍS GUSTAVO DE LIMA SALES

**POMBAL-PB**

**2017**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

D541v Dias, Jonas da Silva.  
Vulnerabilidade socioambiental e mapeamento de áreas de risco à inundação: uma análise dos possíveis impactos em um período de chuvas no município de Pombal-PB / Jonas da Silva Dias. – Pombal, 2017.  
41f. il. color.

Monografia (Gradua o em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2017.  
"Orienta o: Prof. Dr. Luís Gustavo de Lima Sales".

1. Mudanças Climáticas. 2. Inunda o. 3. Vulnerabilidade Social. 4. Perigo. 5. Risco. I. Sales, Luís Gustavo de Lima. II. Universidade Federal de Campina Grande, Pombal (PB). III. Título.

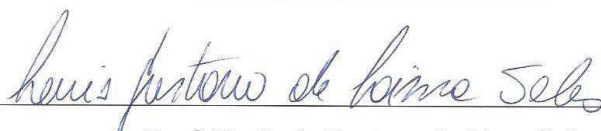
CDU 551.583(043)

JONAS DA SILVA DIAS

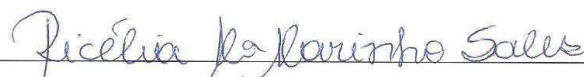
VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL E MAPEAMENTO DE ÁREAS DE  
RISCO À INUNDAÇÃO: UMA ANÁLISE DOS POSSÍVEIS IMPACTOS EM  
UM PERÍODO DE CHUVAS NO MUNICÍPIO DE POMBAL - PB

Aprovado em 24/03/2017

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Luís Gustavo de Lima Sales  
Orientador – UFCG/Campus de Pombal – PB



Profª. Dra. Ricélia Maria Marinho Sales  
Examinadora Interna – UFCG/Campus de Pombal - PB



Profª. Me. Elisdiane Freires Ferreira  
Examinadora Externa – Guedes e Santana Serviços Topográficos (CNPJ nº  
23908246/0001-61)

Pombal – PB

Março 2017

## AGRADECIMENTOS

À Deus primeiramente, que sempre me deu forças para seguir e conquistar este objetivo.

Aos meus pais, José Dias e Raimunda Marli, e aos meus irmãos, Jair Dias, George Dias e Jerffson Dias, pela força, incentivo, carinho e por acreditar e confiar em mim durante a minha formação acadêmica. Sem eles eu não teria conseguido.

Ao meu Tio, Davi Gomes e toda a sua família, por me acolher em sua residência diversas vezes durante essa longa jornada.

Aos demais familiares, em especial a minha Vó Irene Gomes, por todo o apoio e preocupação sempre com minha formação.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Luís Gustavo de Lima Sales, por todos os conhecimentos transmitidos, pela paciência, profissionalismo, compreensão e esforços para me ajudar no desenvolvimento deste presente trabalho.

Agradeço à todos os docentes do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA/UFCG), pela colaboração e ensinamentos que foram importantíssimos para a minha formação.

À banca examinadora, por aceitar o convite e por sua importante contribuição a este trabalho.

Aos meus amigos, Flaviano Moura, Joyce Dutra, Tevio Moura, Thawan Moura, Lucas Gil, Alex Arruda, Hugo Costa, Sérgio Túlio, Felipe Travassos, Andreza Maiara, Tatiane Chaves, e demais amigos pessoais e também colegas de curso, que sempre estiveram comigo me auxiliando e me apoiando para obter esta conquista.

A todos que direta ou indiretamente me ajudaram a chegar até aqui, os meus sinceros agradecimentos.

**DIAS, J. S. VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL E MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO À INUNDAÇÃO: UMA ANÁLISE DOS POSSÍVEIS IMPACTOS EM UM PERÍODO DE CHUVAS NO MUNICÍPIO DE POMBAL-PB.** 2017. 41 fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB. 2017.

## **RESUMO**

A humanidade sofre com os desastres naturais desde a antiguidade. Dentre os diversos tipos de desastres se destaca as inundações, por ser um fenômeno que em geral afeta um número elevado de pessoas, causando impactos socioeconômicos e ambientais. Para solucionar ou minimizar esses problemas existem diversos tipos de medidas, dentre elas o mapeamento de áreas em risco. Medida esta de grande utilidade, por ser de baixo custo comparado com outras e também por trazer grandes benefícios à população afetada. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo principal a aplicação de uma metodologia para mapeamento de áreas de risco à inundação, no qual leva em consideração a Vulnerabilidade Socioambiental para auxiliar no Desenvolvimento Sustentável e, conseqüentemente, na adaptação às Mudanças Climáticas. A área de estudo corresponde à zona urbana do município de Pombal-PB. Para tanto foi definido inicialmente o Índice de Vulnerabilidade Social, tendo como recorte territorial os setores censitários urbanos. Na sequência foi determinado, a partir do trabalho de campo, o Perigo Estimado ao evento de inundação. E por fim foi calculado o Índice de Risco, sendo este a relação entre os parâmetros definidos anteriormente. A partir desta metodologia foram definidos quais setores apresentam um maior risco de sofrer com os problemas relacionados à inundação, e foi visto que estes setores também são aqueles que apresentam um maior perigo, por considerar e apresentar características físicas da área de estudo, ao contrário da vulnerabilidade social, que se trata de dados socioeconômicos, menos relevantes para o evento inundação.

**Palavras-chave:** Mudanças Climáticas, Inundação, Vulnerabilidade Social, Perigo, Risco.

**DIAS, J. S. VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL E MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO À INUNDAÇÃO: UMA ANÁLISE DOS POSSÍVEIS IMPACTOS EM UM PERÍODO DE CHUVAS NO MUNICÍPIO DE POMBAL-PB.** 2017. 41 fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB. 2017.

### **ABSTRACT**

The humanity suffers with the natural disasters since antiquity. Amongst the various types of disasters, stand out floods, because it is a phenomenon that in general affects a large number of people, causing socioeconomic and environmental impacts. To solve or minimize these problems there are several types of measures, among them the mapping of risk areas. Measure this of great utility, being of low cost compared with others and also for bringing great benefits to the affected population. In this context, this study objective the application of a methodology to mapping areas of risk to flood, in which it takes into account the Socio-Environmental Vulnerability to assist in Sustainable Development and, consequently, adaptation to Climate Change. The study area corresponds to the urban area of the municipality of Pombal-PB. For this purpose, the Social Vulnerability Index was initially defined, having as territorial cut the urban census sectors. In the sequence, it was determined, from the field work, the Estimated Danger to the flood event. Finally, the Risk Index was calculated, being this the relation between the previously defined parameters. From this methodology were defined which sectors present a greater risk of suffer with problems related to flood, and it was seen that these sectors are also those that present a greater danger, considering and presenting physical characteristics of the study area, as opposed to social vulnerability, which is socioeconomic data less relevant to the flood event.

**Keywords:** Climate Change, Flood, Social Vulnerability, Danger, Risk.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Localização da área de estudo .....	20
FIGURA 2: Divisão dos setores censitários urbanos de Pombal .....	22
FIGURA 3: Numeração dos setores censitários urbanos de Pombal-PB em relação aos bairros .....	22
FIGURA 4: Localização da imagem SRTM utilizada para extração das curvas de nível dos setores censitários da área urbana de Pombal-PB .....	27
FIGURA 5: Imagem RapidEye da Zona Urbana de Pombal .....	27
FIGURA 6: Atividade de campo para delimitação da área inundável .....	29
FIGURA 7: Densidade Demográfica da Zona Urbana de Pombal-PB .....	30
FIGURA 8: Populações dos Setores Censitários Urbanos .....	31
FIGURA 9: Número de Moradores por residência .....	31
FIGURA 10: Taxa de moradores dependentes.....	32
FIGURA 11: Taxa de Analfabetismo .....	32
FIGURA 12: População de Baixa Renda .....	33
FIGURA 13: Vulnerabilidade Social na área urbana de Pombal-PB.....	34
FIGURA 14: Delimitação da área inundada de Pombal-PB .....	35
FIGURA 15: Espacialização do Perigo Estimado na zona urbana de Pombal-PB .....	36
FIGURA 16: Espacialização do Risco à Inundação na zona urbana de Pombal-PB .....	37



## LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Precipitação Anual no Município de Pombal nos anos de 2004, 2008 e 2009, em comparação com a média histórica anual .....	20
TABELA 2: Precipitação Mensal no Município de Pombal no ano de 2009.....	21
TABELA 3: Relação entre os setores censitários e os seus respectivos bairros .....	23
TABELA 4: Setores urbanos e seus respectivos percentuais de inundação.....	35

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AESA – Agência Estadual de Gestão das Águas do Estado da Paraíba

GPS – Global Position System (Sistema de Posicionamento Global)

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano

IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano do Município

MC – Mudança Climática

MMA – Ministério do Meio Ambiente

PBMC – Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas

PNUD – Programa das ações Unidas para o Desenvolvimento

QGIS – Quantum Gis

SIG – Sistemas de Informações Geográficas

SRC – Sistema de Referências de Coordenadas

SRTM – Shuttle Radar Topographic Mission

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>14</b>
2.1 Mudanças Climáticas e os Desastres Naturais.....	14
2.2 Vulnerabilidade.....	15
2.2.1 Vulnerabilidade Socioambiental .....	16
2.3 Sistema de Indicadores de Vulnerabilidade.....	17
2.4 Cartografia da Vulnerabilidade Socioambiental.....	18
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>20</b>
3.1 Área de Estudo.....	20
3.2 Análise da Vulnerabilidade.....	21
3.3 Delimitação das Áreas Inundáveis.....	26
3.4 Análise do Perigo Estimado.....	29
3.5 Análise do Risco .....	29
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>30</b>
4.1 Vulnerabilidade.....	30
4.2 Perigo Estimado.....	34
4.3 Índice de Risco .....	36
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>38</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>39</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O cenário dos problemas ambientais está cada dia mais em evidência para a humanidade. Muitos estão preocupados com secas prolongadas, com grandes períodos de chuvas, com altas temperaturas, entre outras consequências, frutos de um fenômeno que abrange difíceis interações entre os meios climáticos, ambientais, econômicos, políticos, institucionais, sociais e tecnológicos (BRASIL, 2005), denominado de Mudança Climática (MC).

Esse fenômeno vem se destacando como um tema de Pesquisa, Planejamento e Gestão da sociedade e na política a nível global, regional e local. Devido aos impactos e consequências socioambientais da MC sobre distintas áreas da superfície terrestre, a sociedade fica exposta aos riscos e incertezas, que também são distintas, a depender do grau de vulnerabilidade a qual a sociedade está sujeito ao fenômeno da MC.

Portanto, a proposta do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) terá como o Recorte Temático a “Vulnerabilidade Socioambiental” aos Riscos e Incertezas ligado a períodos intensos de chuva; como Recorte Espacial, “o município de Pombal, localizado no Semiárido Paraibano” e, como Recorte Temporal, “Períodos de Chuvas Intensas no Semiárido Paraibano”.

Apesar da área de estudo se localizar na região de clima semiárido, onde os efeitos das MC do clima estão cada dia trazendo consequências adversas e as projeções para a região apontam para uma redução e variação do número de chuvas, além de um aumento de dias secos e temperatura do ar de acordo com o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC) em 2013, é fundamental que se compreenda aqueles períodos em que ocorrem as chuvas “intensas e torrenciais”, nos quais causam problemas as sociedades e ao meio ambiente.

Dentro desse contexto, há uma grande fragilidade de sistemas sociais e/ou ambientais, como por exemplo, as comunidades rurais que apresentam grandes dificuldades de adaptabilidade e convivência com o Semiárido, bem como as populações urbanas que se fixam em locais menos apropriados e sujeitos a diferentes impactos, dentre eles as enchentes.

Essas dificuldades vivenciadas pela população também são frutos de um mau planejamento e gestão, de um não Desenvolvimento Sustentável que leve em consideração a Sociedade, a Natureza, a Economia, a Cultura e a Política dentro de um contexto local/regional.

Esses efeitos em uma região exposta a muitos riscos são previsíveis e indesejáveis. A população fica sem “alternativas” para minimizar ou resolver os possíveis problemas. Ou seja,

ficam vulneráveis às consequências que poderão ocorrer. Diante deste contexto, Freitas e Cunha (2013) afirmam que onde há risco haverá vulnerabilidade, os acontecimentos considerados perigosos influenciam, direta ou indiretamente, no modo e na qualidade de vida da população.

As consequências dos riscos podem se dar tanto nos meios sociais quanto nos ambientais, daí surge o tema: Vulnerabilidade Socioambiental. Tal vulnerabilidade é definida por Alves (2006), como sendo a combinação entre os problemas sociais (pobreza, falta de recursos, etc.) e os problemas ambientais (áreas de risco, degradação ambiental, etc.). Entre outras palavras, se a população está exposta, direta ou indiretamente a estes problemas, então significa que esta população está vulnerável socioambientalmente falando.

Para minimizar ou resolver a vulnerabilidade socioambiental local é necessário um Planejamento e Gerenciamento de Políticas que levem ao Desenvolvimento Sustentável Local. Vale ressaltar que a abertura desse processo de planejamento e de gestão local para a sociedade é fundamental e, para tanto, algumas ferramentas e/ou metodologias são essenciais para auxiliar nesse processo de construção coletiva do desenvolvimento sustentável local, entre elas, destacam-se o uso de Sistemas de Indicadores, bem como a Espacialização de Áreas Frágeis Ambientalmente. Tais ferramentas/metodologias podem ser feitas através do uso da Geotecnologia.

Para esse estudo, os indicadores que foram utilizados são voltados a Vulnerabilidade Socioeconômica, que são definidos de acordo com características da qualidade de vida da população. Oliveira (2011) cita alguns indicadores de vulnerabilidade socioambiental e define o nível desta vulnerabilidade para cada um, são eles: Renda, Fonte de renda, Escolaridade, Localização, Material, Abastecimento de água, Destinação do Lixo e Esgoto.

O uso da ferramenta do Geoprocessamento para estudos sobre vulnerabilidade surgiu nas décadas de 1980 e 1990, especificamente a processos que envolvem Sistemas de Informações Geográficas (SIG), tais informações apresentam dados socioeconômicos quantitativos relacionados à economia, à sociedade e à demografia que auxiliam na avaliação da vulnerabilidade (Freitas e Cunha, 2013).

Outro ponto importante do Geoprocessamento é a confecção de mapas temáticos para identificar a vulnerabilidade de uma determinada região, no qual, a partir de dados estatísticos sobre as condições socioeconômicas da região, as áreas são classificadas de acordo com o nível de vulnerabilidade socioambiental.

Portanto, após a discussão introdutória, essa proposta parte da premissa de que a construção coletiva da informação e do conhecimento sobre os impactos do fenômeno das chuvas intensas e torrenciais no semiárido paraibano possivelmente decorrentes da Mudança Climática é fundamental para a adaptabilidade e convivência local.

Assim, a problemática da pesquisa é: **Até que ponto a construção de uma Cartografia da Vulnerabilidade Socioambiental voltados a períodos intensos e torrenciais de chuva no semiárido paraibano poderá contribuir para a diminuição dos riscos e incertezas ligados a tal fenômeno?**

O trabalho de conclusão de curso teve como objetivo geral a aplicação de uma metodologia para mapeamento de áreas de risco a inundação, no qual leva em consideração a Vulnerabilidade Socioambiental para auxiliar no Desenvolvimento Sustentável e, conseqüentemente, na adaptação às Mudanças Climáticas.

Para tanto, foi necessário a realização de algumas atividades e/ou objetivos específicos, são eles: a) Levantamento de informações (durabilidade e intensidade, principais impactos e ações/políticas para minimização das conseqüências) acerca dos períodos de chuvas intensas e torrenciais na área de estudo; b) Construção do Sistema de Indicador de Vulnerabilidade Socioambiental e; c) Aplicação de uma metodologia para mapeamento de área de risco na área analisada.

O interesse por este estudo surgiu da necessidade de ações para resolver ou minimizar os problemas advindos das Mudanças Climáticas, especificamente no que diz respeito a conseqüências de um evento extremo de chuvas, que são na maioria das vezes adversas para a sociedade.

Neste contexto, se encaixa de forma direta o trabalho do Engenheiro Ambiental, pois o estudo sobre Indicadores Ambientais, Vulnerabilidade, Mudanças Climáticas e demais temas que foram abordados, são de interesse e conhecimento deste profissional.

Da mesma forma, o tema abordado é de grande importância não só da área do respectivo estudo, mas também para a sociedade de forma geral, pois são apresentados conceitos, informações e ações que visam a melhoria da qualidade de vida da humanidade em aspectos sociais, econômicos, ambientais, entre outros.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Para a abordagem teórica deste trabalho levou-se em consideração alguns conceitos-chave, a saber: 1) A relação entre as Mudanças Climáticas e os Desastres Naturais; 2) O conceito de “Vulnerabilidade” apoiado na idéia da Ciência da Vulnerabilidade proposta por Susan Cutter (2011); 3) O conceito de “Sistema de Indicadores de Vulnerabilidade”, e: 4) O conceito da “Cartografia da Vulnerabilidade Socioambiental” apoiado nos trabalhos sobre “Vulnerabilidade Socioambiental de concelhos da Região Centro de Portugal por meio de sistema de informação geográfica” de Freitas, Cunha e Ramos (2013) e Cartografia da vulnerabilidade socioambiental: convergências e divergências a partir de algumas experiências em Portugal e no Brasil de Freitas e Cunha (2013).

### 2.1 Mudanças Climáticas e os Desastres Naturais

Os Desastres Naturais são fenômenos que ocorrem desde a existência da humanidade. Sánchez (2008) comenta que o Desastre Natural é uma alteração adversa no meio ambiente, provocada por fatores naturais, e que implica nas condições ambientais e/ou sociais dos afetados.

Terremotos, erupções vulcânicas, deslizamentos, enchentes, e outros fenômenos naturais, que são os principais causadores de Desastres Naturais, têm como características provocar consequências negativas a sociedade (Goerl; Kobiyama; Pellerin, 2012). Consequências estas que aumentaram devido ao avanço do processo de urbanização, onde a sociedade foi se desenvolvendo de forma desordenada, ocupando locais impróprios e conseqüentemente sofrendo com os desastres.

Segundo Goerl; Kobiyama; Pellerin (2012), *apud* Monteiro (1991), os desastres naturais são diretamente associados ao modo de vida da sociedade, com suas atividades e ações, ou seja, “enchentes não seriam danosas se o homem evitasse as planícies de inundação” (MONTEIRO, 1991, p. 08).

Um ponto importante relacionado a desastres são as Mudanças Climáticas. As mudanças do clima, através de fenômenos naturais mais intensos, trazem prejuízos á sociedade, causando os Desastres Naturais. A maioria dos impactos causados pelas mudanças climáticas ocorre de eventos extremos ou anomalias do clima, que conseqüentemente aumentam a frequência de fenômenos como: enchentes, deslizamentos, alagamentos, enxurradas, tufões, tornados, secas prolongadas, chuva-ácida, etc. Neste contexto, Marengo *et. al* (2011) afirmam que os eventos extremos do clima relacionados chuvas provocam

impactos diretos nos recursos hídricos, na agricultura e conseqüentemente para a população (perdas econômicas, materiais e humanas).

Na região do Semiárido nordestino o maior problema relacionado às mudanças climáticas se trata dos períodos de estiagem. Mas, segundo Marengo *et. al* (2011), “o Semiárido nordestino também é vulnerável a enchentes e chuvas intensas”. Comprova-se pelos anos de chuvas muito intensas, como: 1985, 2004, 2009. Por exemplo, o acúmulo de chuvas em janeiro de 2004 chegou a 1.000 mm, sendo que a média histórica anual varia entre 550 mm a 600 mm.

Neste contexto, entra em pauta o tema “Vulnerabilidade”. O propósito deste estudo é de identificar e analisar o quanto uma determinada área ou indivíduo está vulnerável ou propícia ao risco de uma inundação. E isto será determinado através da avaliação da Vulnerabilidade da área de estudo. É que será discutido adiante.

## **2.2 Vulnerabilidade**

As mudanças no clima na maioria das vezes provocam conseqüências drásticas para a sociedade. Como exemplos, podem ser citadas as conseqüências de uma inundação em uma área urbana, que na maioria das vezes causa prejuízos econômicos, sociais e/ou ambientais.

Todas essas conseqüências estão diretamente associadas à vulnerabilidade da área atingida, individualmente ou de forma coletiva, que está também associado aos riscos que esta área está exposta. Segundo Freitas e Cunha (2013), para definir vulnerabilidade é preciso também que seja definido o conceito de risco. Neste sentido, Iwama *et. al* (2016) afirmam que a vulnerabilidade surgiu com grande relevância quando se associa à riscos e perigos e também ao cenário das mudanças climáticas. A Vulnerabilidade é o quanto uma determinada população está passível à sofrer prejuízos devido a um fenômeno natural. Quanto mais vulnerável uma população, mais graves serão as conseqüências do fenômeno (Goerl; Kobiyama; Pellerin, 2012).

Martins e Ferreira (2012) afirmam que alguns pesquisadores e estudiosos têm pontos de vista diferentes no que se diz respeito ao termo vulnerabilidade, os cientistas sociais descrevem a vulnerabilidade como uma capacidade de resposta à alguma alteração, designada pelas características socioeconômicas e culturais históricas da área atingida. Já os cientistas naturais consideram a vulnerabilidade como uma chance de eventualidade de conseqüências adversas em uma área exposta ou atingida por um desastre natural.



Segundo Tominaga (2009), para se definir a vulnerabilidade de um indivíduo ou área se considera os aspectos de causas ambientais, biológicas, sociais, econômicas e políticas, que influenciam para as chances de condições adversas de algum risco. O mesmo ponto de vista têm Freitas e Cunha (2013), que afirmam que a vulnerabilidade trata-se de um termo muito profundo, pois abrange fatores sociais, econômicos, políticos e culturais, logo é de fundamental importância o auxílio de uma equipe multidisciplinar para o estudo aprofundado da vulnerabilidade.

Todos estes conceitos ou definições do tema vulnerabilidade são de muita relevância, mas um dos principais estudos que trata deste tema é apresentado por Susan L. Cutter (2011), intitulado: “*A Ciência da Vulnerabilidade: Modelos, métodos e indicadores*”. De forma geral, Cutter (2011) define a vulnerabilidade como “o potencial para a perda”. A mesma afirma que a ciência da vulnerabilidade se trata de uma associação entre as ciências sociais, as ciências naturais e da engenharia, com o objetivo de compreender as condições que influenciam para uma melhor ou pior competência em responder e se recuperar de um desastre natural.

As ciências naturais na maioria das vezes é quem fornece o conhecimento básico para se entender a evidência de risco de um indivíduo ou área, este conhecimento é caracterizado pelas situações naturais e ambientais do local. A avaliação das infraestruturas é competência das engenharias. E, por fim, a análise das condições sociais, que geralmente é feita através de aspectos socioeconômicos e outros dados demográficos, que pode ser estudada individualmente ou de forma coletiva (Cutter, 2011).

Neste contexto, surge outro tema, que de forma geral faz parte de uma classificação da Vulnerabilidade, ou especificamente uma junção sobre a Vulnerabilidade no contexto social e também no contexto ambiental, a “*Vulnerabilidade Socioambiental*”, que será apresentado na sequência.

### **2.2.1 Vulnerabilidade Socioambiental**

A vulnerabilidade Socioambiental se trata de uma associação entre duas dimensões da Vulnerabilidade: Social e Ambiental. Alves (2006) a define como a espacialização de populações pobres e carentes de recursos em locais que apresentam condições de risco e ambientalmente degradadas. Exatamente este será o conceito a ser considerado neste trabalho de conclusão de curso.

Os principais autores que tratam da temática sobre Vulnerabilidade Socioambiental são Humberto Parates da Fonseca Alves (Economista), em seu estudo intitulado

“*Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana: uma análise sociodemográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e ambientais*” apresentado no ano de 2006, Maria Isabel Castreghini Freitas (Engenheira Cartográfica) e Lúcio Cunha (Geógrafo), com o trabalho “*Cartografia da vulnerabilidade socioambiental: convergências e divergências a partir de algumas experiências em Portugal e no Brasil*”, em 2013.

As dimensões de vulnerabilidade, social e ambiental, estão diretamente associadas. Pois, “determinando a vulnerabilidade através de características sociais estar-se-á, ao mesmo tempo, inferindo de maneira indireta as demais vulnerabilidades” (Goerl; Kobiyama; Pellerin, 2012, p. 08). Em outras palavras, como exemplo, as características de falta de saneamento básico em um município não só afirma que o mesmo está vulnerável socialmente, mas também ambientalmente.

Neste contexto, Goerl; Kobiyama; Pellerin (2012) comentam que “não haveria vulnerabilidade sem sociedade” (Goerl; Kobiyama; Pellerin, 2012, p. 08). Ou seja, as condições que fazem uma população mais ou menos vulnerável são consequências das ações e/ou modo de vida da mesma.

Para se identificar e quantificar a vulnerabilidade de uma área ou indivíduo é necessário a obtenção e análise das características da mesma, e isto pode ser determinado com o auxílio de indicadores de vulnerabilidade, através da criação de um Sistema de Indicadores de Vulnerabilidade, que será abordado posteriormente.

### **2.3 Sistema de Indicadores de Vulnerabilidade**

Já vimos do que se trata o termo “Vulnerabilidade”, mas como se identificar um indivíduo ou uma área e o seu respectivo nível de vulnerabilidade? A resposta para este questionamento é através do uso de Sistemas de Indicadores de Vulnerabilidade.

O uso de sistemas de indicadores para desenvolver projetos está cada vez mais frequente nos dias atuais, pelo motivo desta ferramenta ser muito útil no sentido de gerar informações para o planejador e para a população. Amorin *et al.* (2004) afirmam que os indicadores servem como instrumentos para analisar e monitorar os processos de desenvolvimento, além de formar políticas, também fiscalizar e monitorar essas políticas.

Os indicadores de vulnerabilidade socioambiental, ferramenta deste estudo, são compostos por características da qualidade de vida das populações em estudo, ou seja, quanto mais precárias forem as condições de uma determinada região, mais vulneráveis serão os

habitantes desta área aos riscos a que são expostos. Para explicar melhor, Souza (2006) afirma que fenômenos como furacões e tornados atingem ricos e pobres, mas as chances maior de sobreviverem são dos ricos, pois geralmente eles estão localizados em regiões mais resistentes a estes tipos de eventos, com estruturas melhores, em outras palavras, encontram-se em condições menos vulneráveis.

Para indicar essa vulnerabilidade é necessário a obtenção de informações sobre as características da população, como renda, desemprego, abastecimento de água, saneamento básico, dados sobre saúde, etc. A análise desses dados irá definir o nível de vulnerabilidade da área em estudo.

Entre os autores que trabalharam com indicadores de vulnerabilidade se destacam Goerl, Kobiyama e Pellerin (2012), com o estudo “*Proposta Metodológica para Mapeamento de Áreas de Risco à Inundação: Estudo de Caso do Município de Rio Negrinho – SC*”.

Entre todos esses autores citados muitas variáveis foram usadas para definir a vulnerabilidade, entre as principais: PIB, Densidade populacional, Educação, Gênero, Saúde, Analfabetismo, Culturas, Desigualdades Sociais, Taxa de dependência, etc.

Com a identificação destes indicadores e as suas respectivas análises, surge uma ferramenta importantíssima para resolver, minimizar ou mitigar os problemas relacionados à vulnerabilidade, as “Geotecnologias”. Que são usadas para auxiliar no mapeamento de áreas de risco e/ou áreas vulneráveis, tema que será tratado na sequência deste estudo.

## **2.4 Cartografia da Vulnerabilidade Socioambiental**

O uso da cartografia nas últimas décadas teve grande importância nos estudos sobre vulnerabilidade, principalmente devido a sofisticação e avanço cada vez mais relevante das geotecnologias, que ajudam a desenvolver mapas de áreas de risco cada vez mais precisos, que conseqüentemente auxiliam no planejamento do poder público na prevenção de impactos ambientais negativos e condições adversas decorrentes de eventos extremos.

Goerl; Kobiyama; Pellerin (2012), *apud* Andjelkovic (2001), afirmam que um dos aspectos relevantes dos mapas de risco é que com o auxílio dos mesmos pode-se propor ações que previnam as conseqüências, deixando os atuais e futuros moradores de áreas propensas à inundações atentos para os acontecimentos, além de ajudar o poder público no planejamento sustentável para estas áreas.

Neste contexto, Oliveira, Robaina e Reckziegel (2004) afirmam que o zoneamento territorial com o objetivo da análise de susceptibilidade e risco é uma ferramenta de grande

utilidade para o planejamento ambiental. Além de proteger o meio ambiente, este tipo de planejamento influencia na melhoria da qualidade de vida da sociedade.

Com o auxílio dos mapas de risco é possível a elaboração de ações preventivas que venham a diminuir a frequência de situações de emergência e calamidade pública e constituir uma relação entre o poder público e a sociedade, com o objetivo de favorecer uma capacidade de resposta dos afetados para os desastres naturais (Goerl; Kobiyama; Pellerin, 2012).

As informações apresentadas nos mapas temáticos desenvolvidos são características de uma ferramenta computacional do geoprocessamento, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), que têm a função de realizar um complexo processo de análises agregando informações de várias fontes, criando bancos de dados georreferenciados, e a partir desses dados pode-se produzir documentos cartográficos, em outras palavras, os mapas temáticos (Câmara e Medeiros, 1998).

Os principais estudos sobre este tema são apresentados por Maria Isabel Castreghini Freitas, Lúcio Cunha e Anabela Ramos, os mesmos desenvolveram trabalhos na região de Portugal e também no Brasil, propondo o uso da cartografia para auxiliar nas pesquisas sobre vulnerabilidade socioambiental.

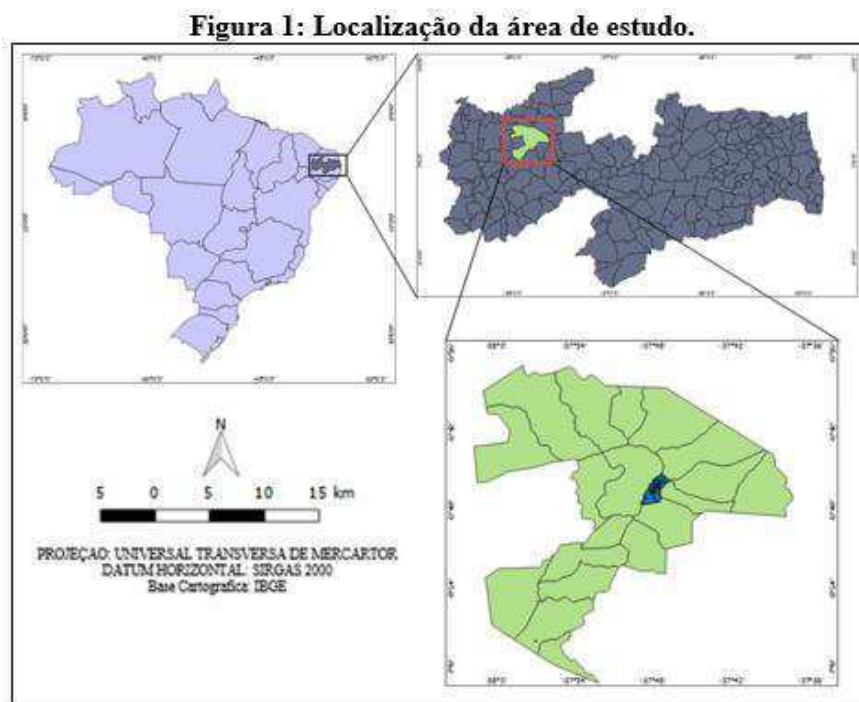
Em relação a “Cartografia da Vulnerabilidade Socioambiental”, a mesma se trata do desenvolvimento de mapas temáticos que indiquem as áreas que estão mais propícias ao risco, ou seja, aquelas que estão mais vulneráveis a um evento extremo. Para definir qual área é mais ou menos vulnerável são observadas as características da mesma, cientificamente chamadas de indicadores socioambientais, características como renda, escolaridade, condições demográficas, entre outras. Esta é a concepção que foi considerada para este TCC.

Para a criação da cartografia da vulnerabilidade socioambiental, necessita-se de indicadores, foi proposto um Sistema de Indicadores Socioambientais, composto pelas principais características relevantes para o tema, sistema este que será apresentado em seguida na metodologia usada para estudo.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 Área de estudo

O município de Pombal está localizado no alto sertão da Paraíba, entre as coordenadas geográficas de latitude 06° 46' 13" S e longitude 37° 48' 06" W (ver figura 1). Sua área de unidade territorial equivale a 888.807 km<sup>2</sup>, com uma população de 32.739 habitantes estimada em 2016, no qual 78,6% desses moram na zona urbana e 21,4% na zona rural. (IBGE, 2017)



Fonte: Autoria própria, 2017.

Para definição do recorte temporal foi feita uma análise dos períodos de chuvas intensas no município de Pombal-PB, no qual foi observado que os anos recentes mais chuvosos foram 2004, 2008 e 2009, conforme pode ser observado na tabela 1.

**Tabela 1: Precipitação Anual no Município de Pombal-PB nos anos de 2004, 2008 e 2009, em comparação com a média histórica anual.**

Município	Precipitação Anual (mm)			Média Histórica Anual (mm)
	2004	2008	2009	
Pombal	1500,1	1202,8	1325,9	749,0

Fonte: Adaptado, AESA (2017).

De acordo com a tabela 1 o ano de 2004 foi o que obteve a maior precipitação, com o total de 1500,1 mm de acordo com a Agência Estadual de Gestão das Águas da Paraíba (AESA). Porém, os anos de 2008 e 2009 também obtiveram chuvas acima da média, com a particularidade de que são anos consecutivos e, por conta disso, sentiu-se um maior reflexo das chuvas na região.

No ano de 2009, a quantidade de chuva ao longo do ano assumiu os seguintes valores:

**Tabela 2: Precipitação Mensal no Município de Pombal no ano de 2009.**

Meses	Precipitação 2009 (mm)	Média Mensal (mm)	Desvio (mm)	Desvio (%)
Janeiro	92,3	73,7	18,6	25,2
Fevereiro	200,4	124,4	76	61,1
Março	159,4	191,8	-32,4	-16,9
Abril	397,1	162,1	235	145
Maiο	218,3	73,3	145	197,8
Junho	91,3	31,1	60,2	193,6
Julho	28,6	12,1	16,5	136,4
Agosto	102	7,4	94,6	1278,4
Setembro	0	2,9	-2,9	-100
Outubro	0	7,7	-7,7	-100
Novembro	0	12,6	-12,6	-100
Dezembro	36,5	20,6	15,9	77,2

Fonte: Adaptado, AESA (2017).

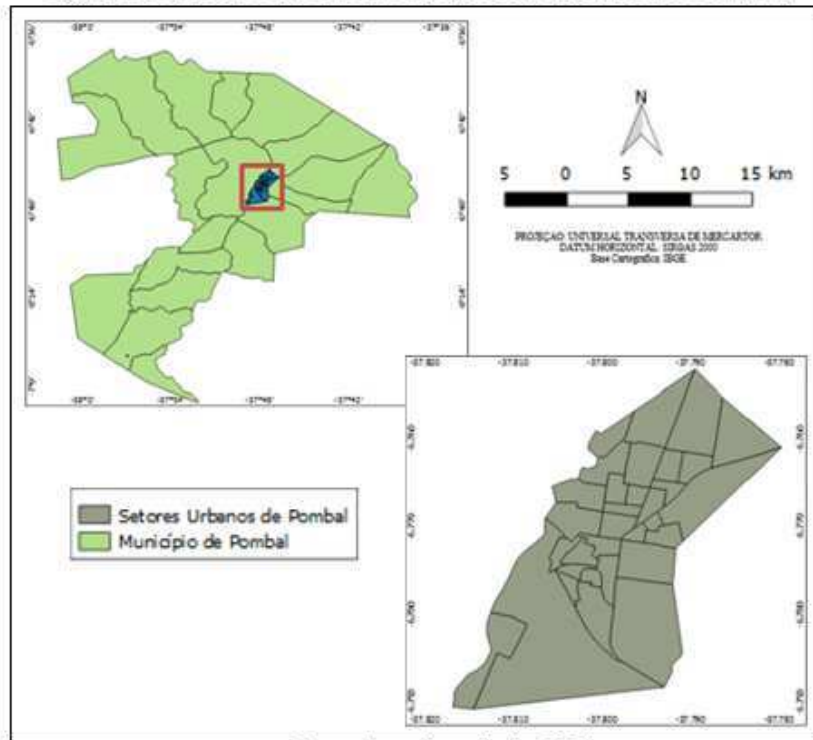
### 3.2 Análise da Vulnerabilidade

A metodologia deste TCC teve como base o estudo de Goerl; Kobiyama; Pellerin (2012), intitulado “*Proposta Metodológica para Mapeamento de Áreas de Risco à Inundação: Estudo de Caso do Município de Rio Negrinho – SC*”.

Para avaliar a vulnerabilidade foram utilizados indicadores socioeconômicos encontrados no Censo Demográfico de 2010, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A unidade espacial utilizada pelo IBGE foram os setores censitários, por ser uma menor unidade territorial.

O município de Pombal foi dividido em 52 setores, nos quais 20 são na zona rural e 32 na zona urbana (Figura 2). Neste trabalho foram considerados apenas os setores censitários da zona urbana, já que a proposta inicial foi realizar um estudo na cidade de Pombal, podendo ser estendido para as áreas rurais em um outro trabalho de pesquisa.

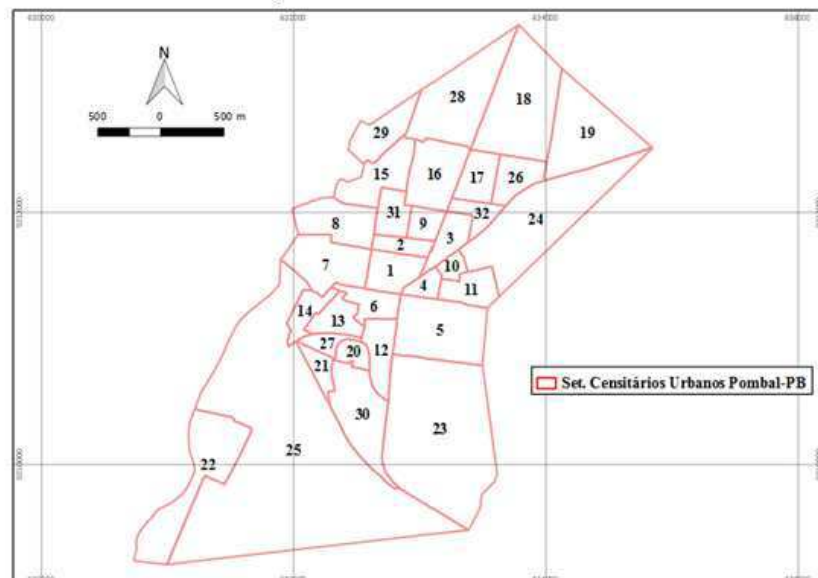
**Figura 2: Divisão dos setores censitários urbanos de Pombal.**



Fonte: Autoria própria, 2017.

Para analisar melhor a área de estudo foi feita uma relação os setores censitários urbanos e os seus respectivos bairros de localização, apresentados na figura 3 e na tabela 3 à seguir.

**Figura 3: Numeração dos setores censitários urbanos de Pombal-PB em relação aos bairros.**



Fonte: Autoria própria, 2017.

**Tabela 3: Relação entre os setores censitários e os seus respectivos bairros.**

SETOR CENSITÁRIO URBANO	CÓDIGO	BAIRRO
1	251210105000001	Centro
2	251210105000002	Jardim Rogério
3	251210105000003	Santa Rosa
4	251210105000004	Nova Vida
5	251210105000005	Nova Vida
6	251210105000006	Centro
7	251210105000007	Centro
8	251210105000008	Jardim Rogério
9	251210105000009	Jardim Rogério
10	251210105000010	Nova Vida
11	251210105000011	Nova Vida
12	251210105000012	Pereiros
13	251210105000013	Centro
14	251210105000014	Centro
15	251210105000015	Jardim Rogério
16	251210105000016	Jardim Rogério
17	251210105000017	Santa Rosa
18	251210105000018	Santa Rosa
19	251210105000019	Santa Rosa
20	251210105000020	Pereiros
21	251210105000021	Pereiros
22	251210105000022	Pereiros
23	251210105000037	Nova Vida
24	251210105000038	Nova Vida
25	251210105000039	Pereiros
26	251210105000040	Santa Rosa
27	251210105000041	Pereiros
28	251210105000042	Jardim Rogério
29	251210105000043	Jardim Rogério
30	251210105000044	Pereiros
31	251210105000045	Jardim Rogério
32	251210105000046	Santa Rosa

Fonte: Autoria própria, 2017.

As variáveis usadas para calcular a vulnerabilidade foram baseadas em características socioeconômicas de cada setor censitário analisado, a saber: i) Densidade Demográfica; ii) Número de Moradores por Setor; iii) Média de Moradores por Domicílio por Setor; iv) Porcentagem de Dependentes (idosos, acima de 65 anos de idade e jovens abaixo de 12 anos de idade); vi) Analfabetismo (acima de 12 anos); e vii) População sem Renda somados a População que ganha até um Salário Mínimo. Além desses dados, também foi necessário a utilização do Índice de Desenvolvimento Humano do Município – IDHM fornecido pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD).



Vale salientar que o IBGE utiliza uma data de referência para determinar a população residente no setor censitário. No censo demográfico de 2010 a data foi o dia 31 de julho do corrente ano. Além dessa observação, seguiu-se alguns critérios para o estabelecimento da coleta dos dados das variáveis acima citadas, a saber:

**a) Quanto a tipologia dos dados, tem-se que:**

- **Pessoa alfabetizada:** são todas as pessoas que são capazes de ler e escrever um bilhete simples no idioma que conhece. Portanto, aquela pessoa que aprendeu a ler e escrever, mas esqueceu, ou a que apenas assina o próprio nome é considerada Analfabeta;
- **Pessoa responsável:** O Homem ou a Mulher responsável pelo domicílio particular permanente ou que assim é considerado(a) pelos demais moradores e;
- **Rendimento:** É a soma do rendimento nominal mensal de trabalho com o proveniente de outras fontes.

**b) Quanto aos descritores das variáveis que irão compor o Índice de Vulnerabilidade da cidade de Pombal, tem-se:**

- **Densidade demográfica (Dd)** é definida pela quantidade de habitantes por área de estudo. Para esse trabalho foi calculado o total de habitantes por Setor Censitário dividido pela área de cada setor analisado, como mostra a equação 1:

$$Densidade\ Demográfica = \frac{N^{\circ}\ de\ habitantes\ por\ setor}{\text{área do setor (km}^2)}, \quad (1)$$

Vale lembrar que os dados da quantidade de habitantes por setor foram coletados no Censo Demográfico do IBGE de 2010, através da Planilha “Básico\_PB” do Resultado do Universo que estão disponíveis no site do IBGE ([www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)). Quanto a área, esse foi calculado através do Software Livre do código aberto Quantun Gis (QGis), utilizando o recurso da calculadora de campo voltado para dados vetoriais<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Dados Vetoriais são dados espaciais que possuem a informação espacial (latitude/longitude ou x/y) e são formados pelos primitivos gráficos pontos, linha ou polígonos. No caso desse trabalho, foi trabalhado com dados vetoriais do tipo polígono (setor censitário) fornecidos pelo próprio IBGE.

- **Número de Moradores (Nm) e a Média de Moradores por domicílios por setor(Mm)** (foram definidos pelo IBGE através do censo demográfico, na mesma planilha citada acima, o “Básico\_PB”);
- **Porcentagem de dependentes (idosos, acima de 65 anos de idade e jovens abaixo de 12 anos de idade) (T x D):** Seguiu-se o mesmo intervalo adotado por Goerl; Kobiyama; Pellerin (2012), no qual foram consideradas dependentes pessoas acima de 65 anos (idosos) e abaixo de 12 anos (jovens). O Estatuto da Criança e do Adolescente considera as pessoas abaixo de 12 anos como crianças, sendo totalmente dependentes, perante a lei e sociedade, de seus pais ou responsáveis. Já os de 65 anos, é a partir dessa idade que as pessoas são consideradas idosas de acordo com a Organização Mundial de Saúde. Assim foram calculadas as porcentagens de pessoas com as idades nestes dois intervalos em relação à quantidade total de moradores que residiam em domicílios particulares permanentes por setor censitário e, por fim, somado os seus respectivos percentuais;
- **Número de Analfabetos acima de 12 anos (E):** foi necessário saber a população total de 13 anos ou mais por setor para calcular o número de alfabetizados desta população, e por fim fazer a diferença para saber o total de analfabetos acima de 12 anos.
- **Responsáveis por domicílio sem renda ou que ganhavam até 1 salário mínimo (R):** A população sem renda ou com até um salário mínimo foi determinada através da relação entre o número de responsáveis por domicílio por setor com o número de pessoas sem renda ou com até um salário mínimo.

Considera-se que a vulnerabilidade é inversamente proporcional à capacidade de reposta do município. Por isso foi usado o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) como indicador desta capacidade para todos os setores censitários. Esta escolha foi pelo fato de quando ocorre algum evento extremo em um determinado setor, todo o município é afetado de forma direta ou indireta, aulas podem ser suspensas, estradas fechadas, falta de água, luz, etc. Em outras palavras, quanto mais desenvolvido for o município menor será a sua vulnerabilidade.

O IDHM é obtido pela média aritmética de três subíndice, referentes às dimensões Longevidade (IDH- Longevidade), Educação (IDH-Educação) e Renda (IDH-Renda). Ressalta-se que IDHM é um valor único para todo o município. O IDHM é estimado pela ONU através do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD, e é dividido em três classes: de 0 a 0,499 (baixo desenvolvimento), 0,5 a 0,799 (médio desenvolvimento) e

0,8 a 1 (alto desenvolvimento). O IDHM de Pombal é 0,634, apresentando-se como um município com médio desenvolvimento.

Outro procedimento que foi necessário utilizar foi a uniformização de todas as unidades das variáveis. A necessidade dessa uniformização decorre-se do fato do sistema apresentar variáveis com unidades de medida diferentes, por exemplo Densidade Demográfica dada em habitantes por quilômetro quadrado (hab/Km<sup>2</sup>) e Educação dada em porcentagem (%). Desta forma, foi feito a uniformização de todas as variáveis (Valor Escalonado) em um intervalo que varia de zero (0) a um (1), sendo 0 o valor mínimo de cada variável e 1 o valor máximo. Através do seguinte cálculo:

$$V_{escalado} = \frac{V_{observado} - V_{mínimo}}{V_{máximo} - V_{mínimo}} \quad (2)$$

Após este procedimento foi calculado o Índice de Vulnerabilidade, pela seguinte equação:

$$IV = \frac{Dd + Nm + Mm + TxD + E + R}{IDHM}, \quad (3)$$

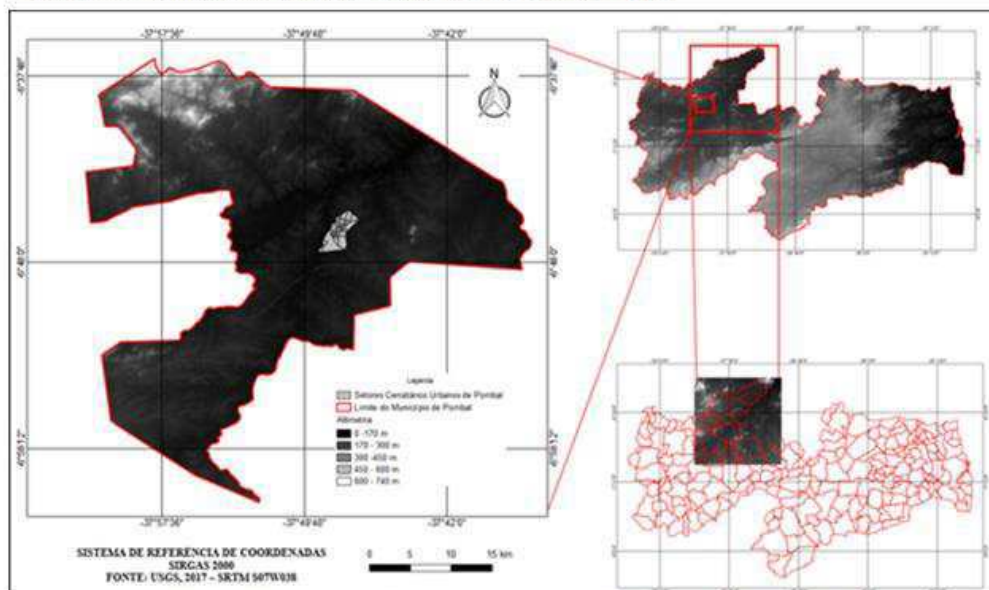
onde, *IV* é o índice de vulnerabilidade, *Dd* é a densidade demográfica, *Nm* é o número de moradores no setor, *Mm* é a média de moradores por residência, *TxD* é a taxa de dependência por setor, *E* é o número de analfabetos acima de 12 anos, *R* é o número de pessoas sem renda ou com até um salário mínimo e *IDHM* é o índice de desenvolvimento humano do município.

### 3.3 Delimitação das áreas inundáveis

Para determinar as áreas inundáveis da área em estudo foi necessário o auxílio da ferramenta do Geoprocessamento, especificamente do software Quantum Gis (QGIS). Inicialmente foi feita a extração das curvas de nível, com o auxílio da imagem SRTM da área. As Imagens SRTM, do inglês Shuttle Radar Topographic Mission, foram obtidas em uma missão realizada pelo ônibus espacial americano Endeavor, e o seu produto tem como características uma resolução espacial de até 30 metros com o objetivo de fornecer informações topográficas (Prates, 2014).

As imagens usadas neste TCC foram obtidas através do site do Serviço Geológico dos Estados Unidos ([www.usgs.gov](http://www.usgs.gov)), e apresentam uma elevação espacial de 90 metros. A partir dessas imagens e com o auxílio do software Quantum Gis (QGIS) foram geradas as curvas de nível da área em estudo.

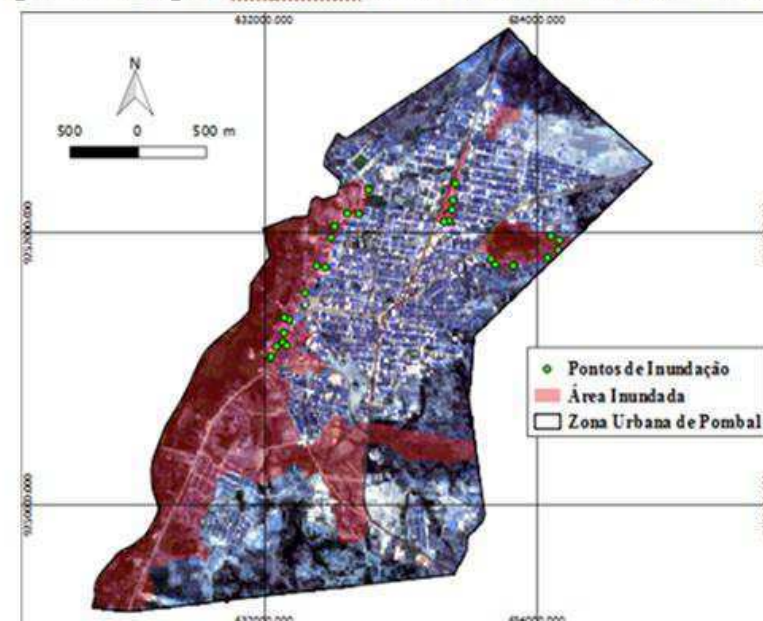
**Figura 4: Localização da imagem SRTM utilizada para extração das Curvas de Nível dos setores censitários urbanos de Pombal-PB.**



Fonte: Autoria própria com base nas imagens SRTM do USGS, 2017.

Para a localização do evento inundação foram usadas como base espacial imagens do satélite RapidEye. Que são caracterizadas como imagens de alta resolução, em que é possível identificar diversas propriedades da área em estudo. Neste estudo foram identificadas as áreas atingidas pela inundação, levando em consideração os recursos hídricos visíveis nas imagens. As imagens utilizadas neste estudo foram adquiridas no site do Ministério do Meio Ambiente (MMA), na plataforma Geocatálogo.

**Figura 5: Imagem RapidEye da Zona Urbana de Pombal-PB.**



Fonte: Inclui material ©RapidEye AG 2014. Todos os direitos reservados.  
Organização: Autor.

Os dados vetoriais referentes aos setores censitários da Paraíba foram coletados no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Como mencionado em nota de rodapé acima.

### **Preparação da base espacial de análise**

Depois de finalizada a etapa de coleta de dados partiu-se para a etapa prática do Geoprocessamento, que será apresentada adiante:

- Com o dado vetorial dos setores censitários urbanos do município de Pombal em mãos foi necessário realizar a reprojeção dos mesmos, ou seja, colocar no sistema de referência de coordenadas oficial da região em estudo, o SRC: SIRGAS 2000/UTM Zona 24 Sul.
- Com o vetor reprojeto seguiu-se para a definição do Limite Urbano do município de Pombal, etapa essa que foi realizada através da ferramenta de Geoprocessamento do QGIS denominada “Dissolver”.
- Com as imagens SRTM e RapidEye é feito o mesmo procedimento anterior, a Reprojeção, onde na sequência é feito o recorte das mesmas via “Máscara”, através do vetor do Limite Urbano de Pombal, definido na etapa anterior. E por fim são geradas as curvas de nível de 1 metro a partir da imagem SRTM reprojeto e recortada.
- Com as curvas de nível geradas foi observado que a menor cota na área de estudo foi equivalente à 172 metros. Para estabelecer qual a cota limite de inundação, ou seja, para definir e delimitar as áreas inundáveis da cidade de Pombal foram necessárias realizar entrevistas com a população local, no qual foi questionado o limite em que a água atingiu determinada área durante os eventos de inundações ocorridos e, com o auxílio de um aparelho “GPS – Garmim Etrex 30”, foram coletados os pontos indicando este limite e também observando as cotas destes pontos. A cota limite verificada foi de 180 metros.

**Figura 6: Atividade de campo para delimitação da área inundável.**



Fonte: Autoria própria, 2017.

### **3.4 Análise do Perigo Estimado (PE)**

Com base nas etapas anteriores, o mapeamento da vulnerabilidade social e a delimitação das áreas passíveis à inundação, foi gerado para cada setor o Perigo Estimado (*PE*) ao evento inundação, adotando-se a seguinte equação utilizada por Goerl et al (2012):

$$PE = \frac{AI}{AT} \quad (4)$$

Onde *AI* é a área inundável de cada setor, e *AT* é a área total do setor.

### **3.5 Análise do risco**

Para a definição do risco foi levado em consideração a vulnerabilidade e o perigo, ambos calculados anteriormente, assim, através da relação entre esses dois parâmetros obteve-se o Índice de Risco (*IR*) de cada setor censitário, pela equação:

$$IR = IV \cdot PE \quad (5)$$

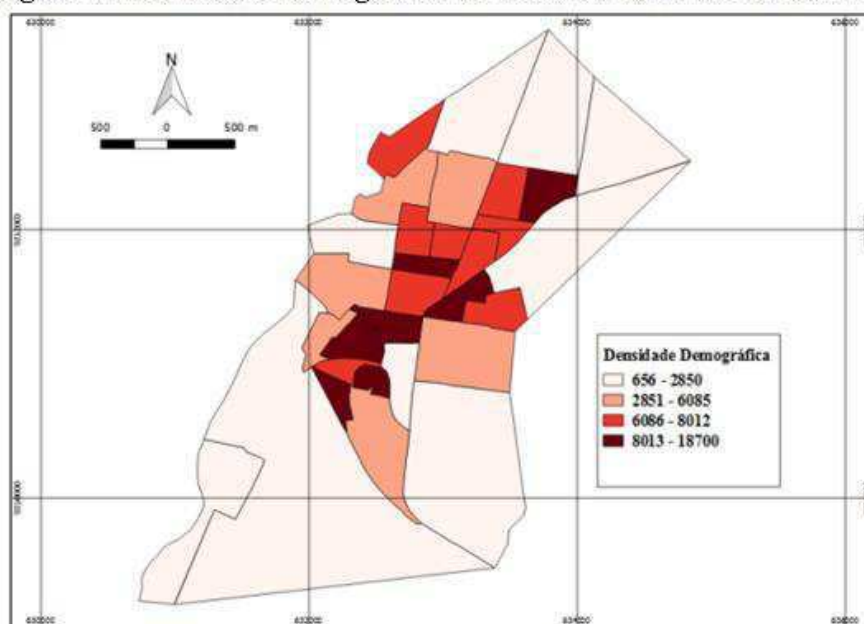
## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Vulnerabilidade

Para determinar o Índice de Vulnerabilidade foram considerados 6 indicadores (Densidade Demográfica, População total do setor, Média de moradores por residência, Taxa de analfabetos e Taxa de população de baixa renda) com base nos dados do censo demográfico de 2010 do IBGE. A escolha dessas variáveis se deu pelo motivo de serem dados representativos no que se diz respeito ao tema vulnerabilidade socioambiental.

A Figura 7 mostra a densidade demográfica na área urbana do município de Pombal-PB. Percebe-se que, em geral, os setores com maior densidade demográfica estão localizados nos bairros dos Pereiros, Centro e Nova Vida.

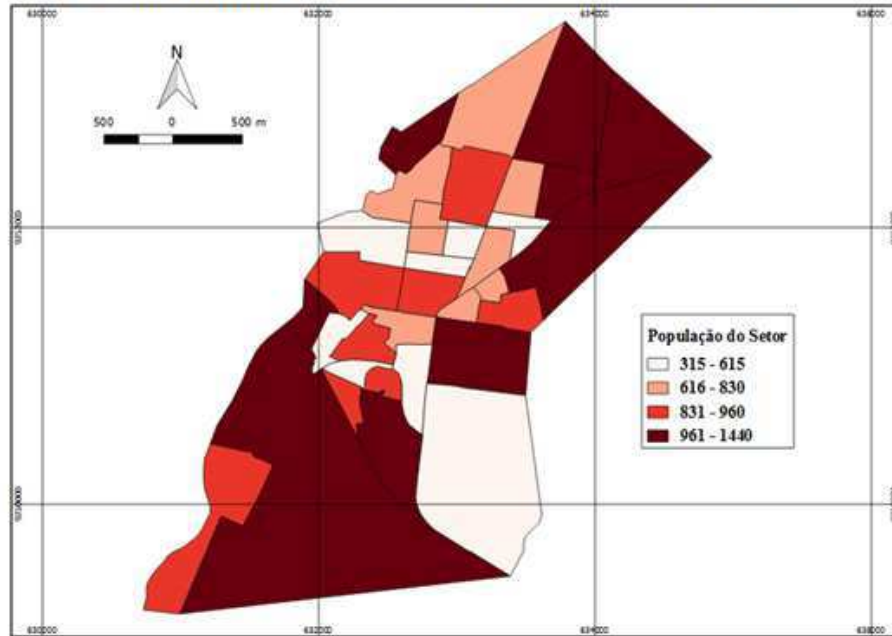
**Figura 7: Densidade Demográfica da Zona Urbana de Pombal-PB.**



Fonte: Autoria própria, 2017.

Na Figura 8 são apresentadas as populações totais dos setores censitários, e observa-se que os setores mais populosos são aqueles que se localizam nos bairros dos Pereiros e Santa Rosa, e em geral, também são os maiores setores, em relação a área dos mesmos.

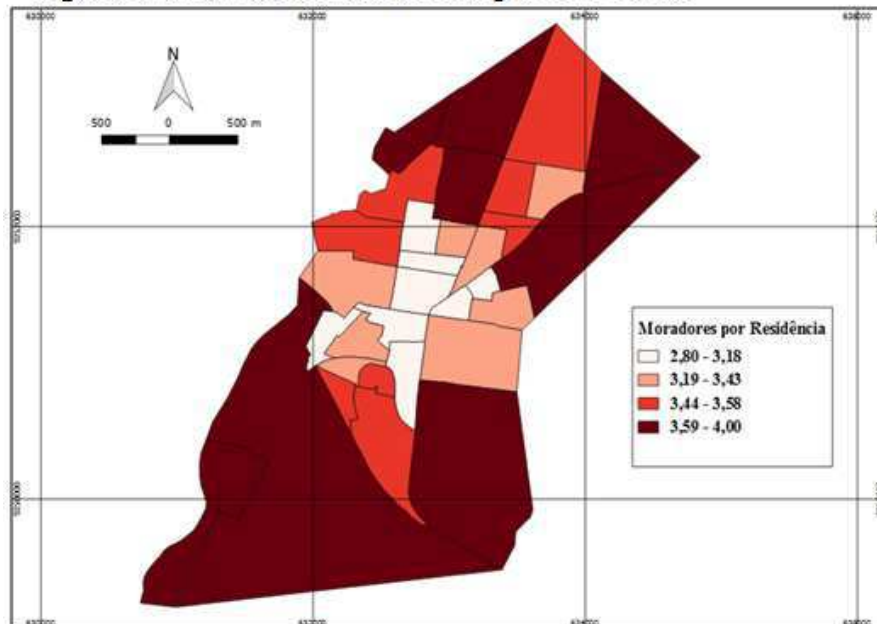
**Figura 8: Populações dos Setores Censitários Urbanos.**



Fonte: Autoria própria, 2017.

Em relação ao número de moradores por residência (Figura 9) destacam-se os bairros dos Pereiros e Jardim Rogério, com uma alta média de moradores por residência.

**Figura 9: Número de Moradores por residência.**

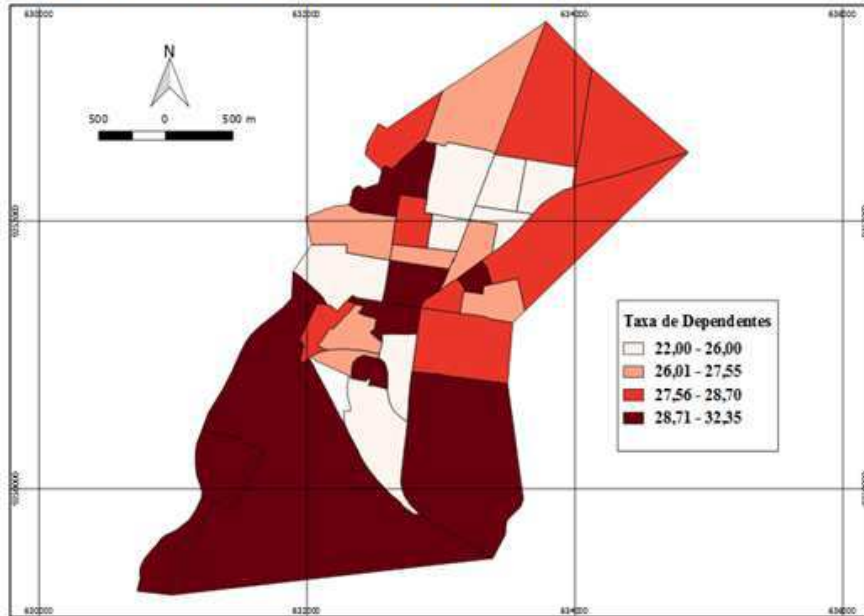


Fonte: Autoria própria, 2017.



A taxa de dependência (Figura 10) está dividida de forma aleatória na área de estudo, com altos índices de dependência destacados nos bairros dos Pereiros e Centro.

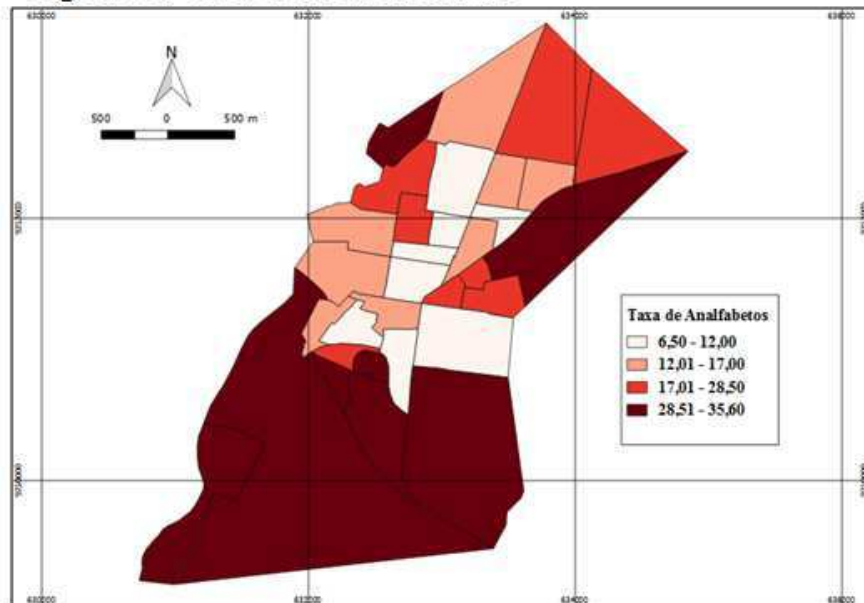
**Figura 10: Taxa de moradores dependentes.**



Fonte: Autoria própria, 2017.

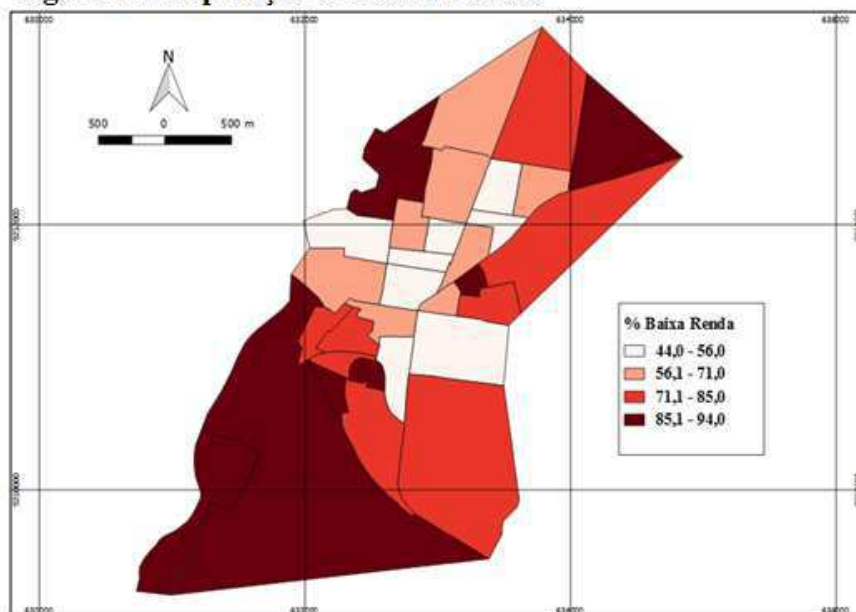
Em relação ao número de analfabetos (Figura 11), os setores que apresentam os maiores valores são os localizados nos Bairros Nova Vida e Pereiros. Já os setores que possuem a menor renda (Figura 12) se localizam nesses bairros e também no Jardim Rogério.

**Figura 11: Taxa de Analfabetismo.**



Fonte: Autoria própria, 2017.

**Figura 12: População de Baixa Renda.**



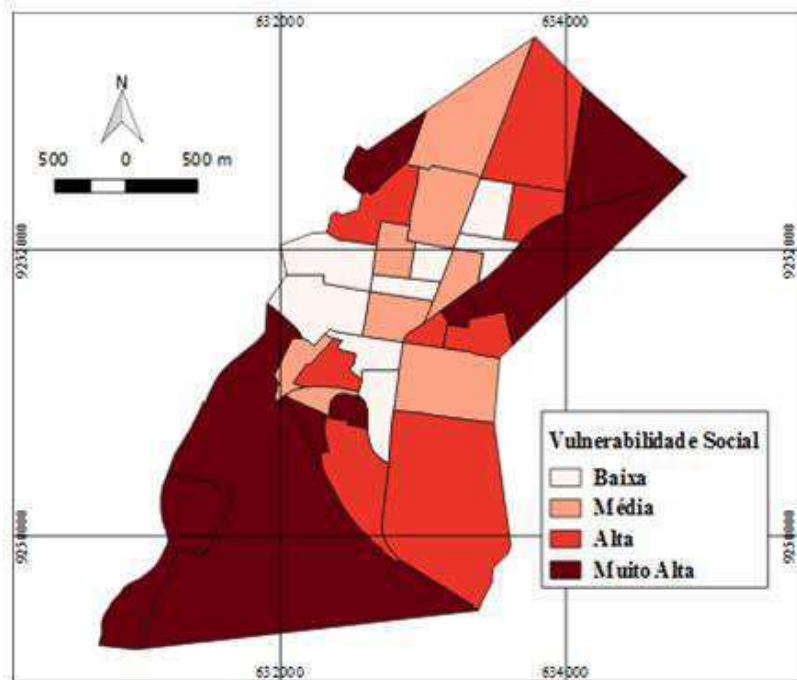
**Fonte: Autoria própria, 2017.**

Mesmo com os indicadores sendo analisados de forma individual, observa-se também que há uma relação entre alguns setores, o que implica na conclusão de que estes são os que apresentam uma tendência à alta vulnerabilidade. Foi constatado que, de forma geral, os setores que apresentam maior número de moradores por residência também são aqueles mais dependentes e são os que apresentam condições críticas na educação e financeiramente.

A partir da definição do Índice de Vulnerabilidade de cada setor foi elaborado o mapa da vulnerabilidade social do município de Pombal-PB, especificamente da sua zona urbana (Figura 13). Em geral, os setores que apresentaram uma vulnerabilidade muito alta foram aqueles dos Bairros Nova Vida e Pereiros.

Este tipo de estudo tem uma importância relevante para o desenvolvimento do município, pois nele é apresentado um diagnóstico das condições sociais do mesmo, apontando quais áreas encontram-se mais necessitadas. Conseqüentemente, com esse conhecimento, o poder público irá destinar uma maior quantidade de recursos para tentar minimizar os problemas de áreas com situações precárias.

**Figura 13: Vulnerabilidade Social na área urbana de Pombal-PB.**



Fonte: Autoria própria, 2017.

Outro ponto importante a ser considerado se trata da ausência deste tipo de estudo no âmbito nacional, pois há uma grande necessidade de se obter essas informações em outras regiões. E assim seria feita uma comparação dos níveis de vulnerabilidade, não só de forma local, mas também com outras áreas, pois um determinado setor identificado com uma alta vulnerabilidade pode não apresentar condições tão precárias quando comparado com outros, e posteriormente vai tendo um verdadeiro conhecimento sobre os níveis de vulnerabilidade desses.

#### **4.2 Perigo Estimado**

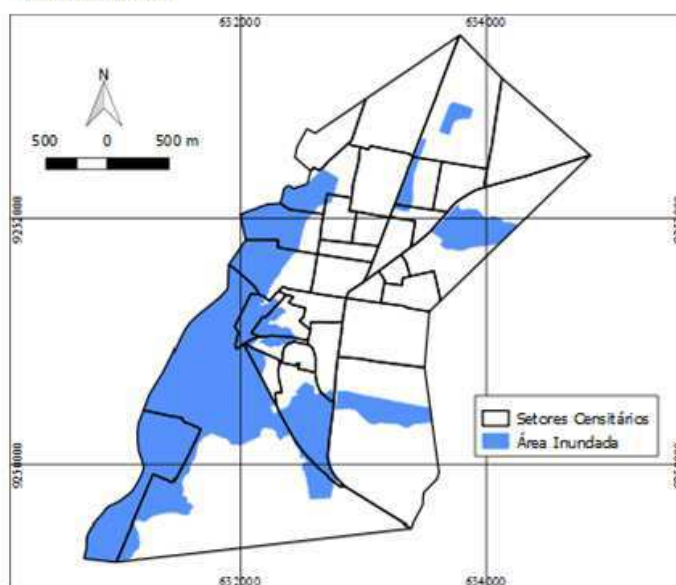
A partir dos estudos de campo e do auxílio da ferramenta do Geoprocessamento foi definido a área inundada de cada setor, com a sua respectiva proporção em relação a área total dos mesmos (Tabela 4). Também foi feita uma delimitação do polígono da área de inundação da zona urbana de Pombal-PB (Figura 14).

**Tabela 4: Setores Urbanos e seus respectivos percentuais de inundação.**

Setor Urbano	Area do Setor (Km <sup>2</sup> )	Area Inundada (Km <sup>2</sup> )	Percentual (%)	Setor Urbano	Area do Setor (Km <sup>2</sup> )	Area Inundada (Km <sup>2</sup> )	Percentual (%)
1	0,12	0	0	17	0,11	0,027313	24,83
2	0,06	0	0	18	0,47	0,037271	7,93
3	0,09	0	0	19	0,37	0	0
4	0,05	0	0	20	0,05	0,00049	0,98
5	0,33	0	0	21	0,06	0,01914	31,9
6	0,09	0	0	22	0,36	0,357084	99,19
7	0,23	0,137655	59,85	37	0,93	0,129921	13,97
8	0,19	0,144704	76,16	38	0,57	0,150879	26,47
9	0,06	0	0	39	2,18	0,993208	45,56
10	0,04	0	0	40	0,11	0	0
11	0,11	0	0	41	0,05	0,02146	42,92
12	0,12	0,004932	4,11	42	0,37	0	0
13	0,1	0,04123	41,23	43	0,14	0	0
14	0,08	0,069712	87,14	44	0,27	0,187623	69,49
15	0,18	0,092052	51,14	45	0,09	0,003339	3,71
16	0,21	0	0	46	0,07	0,004494	6,42

Fonte: Autoria própria, 2017.

**Figura 14: Delimitação da área inundada de Pombal-PB.**



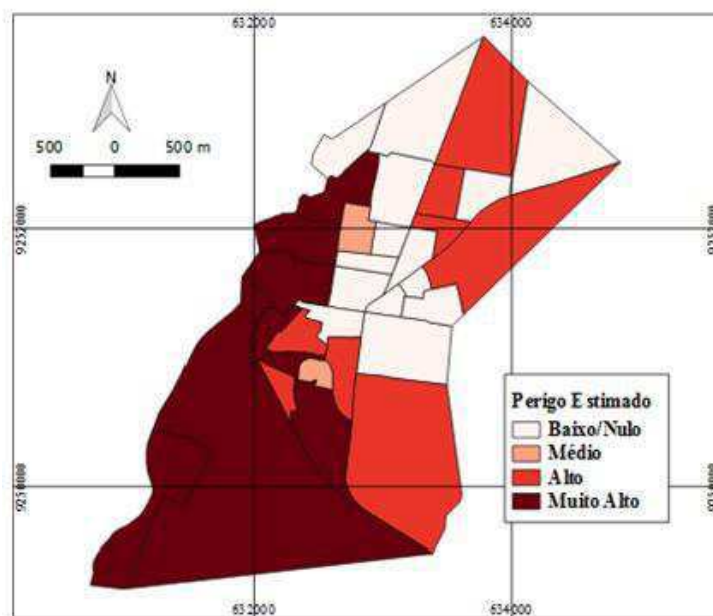
Fonte: Autoria própria, 2017.

Através do percentual de inundação em cada setor foi definido o Perigo Estimado (*PE*) para o evento inundação. A figura 15 apresenta a espacialização do *PE* da área em estudo. Percebe-se que os setores que apresentam o maior perigo à inundação se localizam nos

Bairros: Centro, Pereiros e Jardim Rogério, pois os mesmos se desenvolveram às margens do Rio Piancó, que corta o município de Pombal. Os demais setores que apresentam alto perigo são aqueles que foram desenvolvidos em regiões baixas, regiões estas identificadas através de curvas de nível.

A identificação do perigo ao evento inundação dessas áreas é de grande importância para o planejamento municipal para problemas de drenagem urbana e saneamento básico, pois com o auxílio desses conhecimentos é dada uma maior importância para os setores com alto perigo, e conseqüentemente serão úteis na prevenção e mitigação de problemas sociais e/ou ambientais.

**Figura 15: Espacialização do Perigo Estimado na zona urbana de Pombal-PB.**



**Fonte: Autoria própria, 2017.**

### 4.3 Índice de Risco

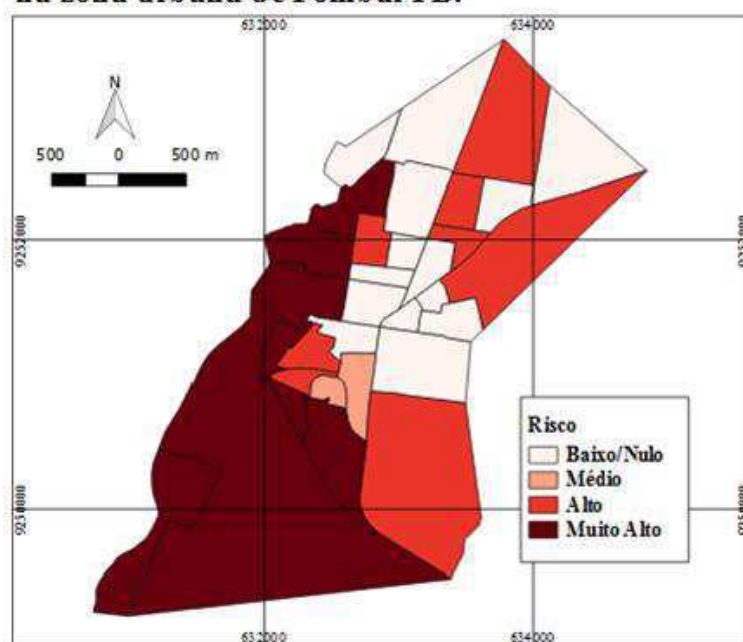
A definição do Índice de Risco foi realizada através do produto entre a Vulnerabilidade e o Perigo Estimado, cada um desses com um mesmo peso. Mas de forma geral, quem influenciou mais para o Risco foi o Perigo Estimado, devido o mesmo apresentar características físicas da área, concluindo que em áreas com uma alta vulnerabilidade, se sua localização não for em áreas propensas à inundação também não haverá um risco alto para os habitantes da mesma.

Foi elaborado o mapa do Índice de Risco da área urbana do município de Pombal-PB (Figura 16). Percebe-se que o mapa de risco é semelhante ao mapa do perigo estimado,

exatamente pelo motivo do perigo ter maior influência do que a vulnerabilidade. Outra confirmação para isto é que alguns setores que apresentam uma alta vulnerabilidade, mas com um baixo nível de perigo, possuem um baixo índice de risco.

De forma geral, os setores que apresentam maiores índices de risco são aqueles localizados nos Bairros: Centro, Pereiros e Jardim Rogério, principalmente porque se desenvolveram às margens do Rio Piranhas, que em épocas de chuvas intensas o nível aumenta ao ponto de atingir as áreas ocupadas pela população local.

**Figura 16: Espacialização do Risco à Inundação na zona urbana de Pombal-PB.**



Fonte: Autoria própria, 2017.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Neste estudo foi aplicada uma metodologia para mapear as áreas de risco ao evento inundação na zona urbana do município de Pombal-PB. Este risco foi definido a partir da relação entre o Índice de Vulnerabilidade e o Perigo Estimado.

Para definição da vulnerabilidade foram consideradas as características socioeconômicas da área de estudo. Por outro lado, o perigo foi determinado a partir da delimitação da área propensa a inundação em cada setor, comparando com a área total do setor e por fim o seu percentual de área inundável.

A partir do mapeamento das áreas de risco se chegou a conclusão de que os setores que apresentam alto grau de risco em geral também são os que apresentam alto perigo, mas não necessariamente são os que apresentam uma grande vulnerabilidade, pois a área inundada não engloba todos os setores. Portanto, alguns setores com alta vulnerabilidade podem apresentar um baixo risco, pois não apresentam susceptibilidade ao evento inundação. Por outro lado, com esse conhecimento sobre a vulnerabilidade social dos setores, o poder público poderá planejar com a finalidade de minimizar ou resolver os principais problemas socioeconômicos verificados.

O uso de metodologias deste tipo está a cada dia mais frequente, pois de forma geral são simples, de baixo custo e com grande eficácia. O aumento da necessidade de estudos deste tipo se dá pelo motivo dos problemas ambientais estarem a cada dia mais em evidência para humanidade, tornando-se assim, uma ferramenta benéfica para os gestores, sociedade e para o meio ambiente. Portanto, é importantíssimo que haja um interesse de estudiosos, políticos e da sociedade para desenvolver cada vez mais planejamentos com a finalidade de proteger o meio ambiente e elevar o nível de qualidade de vida da população local ou regional.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AESA – **Agência Estadual de Gestão das Águas do Estado da Paraíba**. Disponível em: <[www.aesa.pb.gov.br](http://www.aesa.pb.gov.br)>. Acesso em: 26 de janeiro de 2017.

ALVES, H. P. F. **Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana: uma análise sociodemográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e ambientais**. R. Bras. Est. Pop., São Paulo, v. 23, n. 1, p.43-59, jan/jun 2006.

AMORIM, B. P.; SANTOS, J. A.; CÂNDIDO, G. A. **Índice de sustentabilidade municipal e as suas relações com as políticas e ações para geração do desenvolvimento sustentável: um estudo aplicado na cidade de João Pessoa–PB**. Disponível em: <[http://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos08/553\\_Artigo\\_SEGET.pdf](http://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos08/553_Artigo_SEGET.pdf)>. Acesso em: 19 set. 2016.

ANDJELKOVIC, I. **Guidelines on nonstructural measures in urban flood management**. IHP, Technical Documents in Hydrology n. 50, UNESCO, Paris. 2001. 87p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Extrativismo e Desenvolvimento Rural Sustentável. Coordenação Técnica de Combate à Desertificação. **Mudanças climáticas e suas implicações para o Nordeste** / relatores: Otamar de Carvalho; Nilson Holanda. – Brasília: MMA, 2005. 232p.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. (Org.). **GEOPROCESSAMENTO PARA PROJETOS AMBIENTAIS**. 2. ed. São José dos Campos - SP, 1998. 159 p.

CUTTER, S. L. A ciência da vulnerabilidade: modelos, métodos e indicadores. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, [s.l.], n. 93, p.59-69, 1 jun. 2011. OpenEdition. <http://dx.doi.org/10.4000/rccs.165>.

FREITAS, M. I. C.; CUNHA, L. Cartografia da vulnerabilidade socioambiental: convergências e divergências a partir de algumas experiências em Portugal e no Brasil. **Urbe - Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 5, n. 449, p.15-31, jan/jun 2013.

FREITAS, M. I. C.; CUNHA, L.; RAMOS, A. **Vulnerabilidade socioambiental de concelhos da Região Centro de Portugal por meio de sistema de informação geográfica**. **Cadernos de Geografia**, Coimbra, n. 32, p.313-322, 2013.



GOERL, R. F.; KOBIYAMA, M.; PELLERIN, J. R. G. M. Proposta metodológica para mapeamento de áreas de risco a inundação: estudo de caso do município de Rio Negrinho – SC. **Boletim de Geografia**, [s.l.], v. 30, n. 1, p.81-100, 21 jun. 2012. Universidade Estadual de Maringá. <http://dx.doi.org/10.4025/bolgeogr.v30i1.13519>.

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2017.

IWAMA, A. Y. et al. RISCO, VULNERABILIDADE E ADAPTAÇÃO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS: UMA ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. XIX , n. 2, p.95-118, abr./jun. 2016.

MARENGO, J. A. et al. **Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro**. Campina Grande - Pb: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. 40 p.

MARTINS, R. D.; FERREIRA, L. C. **VULNERABILIDADE, ADAPTAÇÃO E RISCO NO CONTEXTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS**. Mercator - Revista de Geografia da UFC, vol. 11, n. 26, set/dez, 2012, pp. 237-251.

MONTEIRO, C. A. F. **Clima e excepcionalismo: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1991. 241p.

OLIVEIRA, A. M. **Indicadores de Vulnerabilidades e risco socioambiental para prevenção e mitigação de desastres naturais na Bacia do rio Jari / Alzira Marques Oliveira – Macapá**: UNIFAP, 2011. 106 f. il.

OLIVEIRA, E. L. A.; ROBAINA, L. E. S.; RECKZIEGEL, B. W. **Metodologia utilizada para o mapeamento de áreas de risco geomorfológico: bacia hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria – RS**. In: Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, 1., 2004, Florianópolis. Anais... Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 248-261.

PBMC, 2013: **Contribuição do Grupo de Trabalho 1 ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas**. Sumário Executivo GT1. PBMC, Rio de Janeiro, Brasil. 24 p.

PRATES, I. **Dados SRTM com resolução espacial de 30 m são disponibilizados**. Disponível em: <<http://mundogeo.com/blog/2014/09/25/dados-srtm-com-resolucao-espacial-de-30-m-sao-disponibilizados/>>. Acesso em: 25 fev. 2017.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental Conceitos e métodos**. 2a Ed. São Paulo Oficina de Textos, 2008, 495 p.

SOUZA, G. O. C. **CONSTRUÇÃO DE UM INDICADOR SOCIOAMBIENTAL o exemplo do Município de São Paulo**. São Paulo em Perspectiva, São Paulo, v. 20, n. 1, p.61-79, jan./mar. 2006.

TOMINAGA. L. K. **Análise e Mapeamento de Risco** In: TOMINAGA. L. K; SANTORO, J; AMARAL, R. (Orgs.) **Desastres Naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, p. 147-160. 2009.

USGS – **United States Geological Survey** (Serviço Geológico dos Estados Unidos). Disponível em: < [www.usgs.gov](http://www.usgs.gov) >. Acesso em: 25 fev. 2017.