



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

GABRIELA DE AZEVEDO REIS

**O GEOPROCESSAMENTO NO DIAGNÓSTICO DE VULNERABILIDADE
SOCIOAMBIENTAL EM ÁREAS URBANAS: ESTUDO DE CASO NA BACIA DO
RIO MANÉ DENDÊ - SALVADOR**

FORTALEZA

2016

GABRIELA DE AZEVEDO REIS

**O GEOPROCESSAMENTO NO DIAGNÓSTICO DE VULNERABILIDADE
SOCIOAMBIENTAL EM ÁREAS URBANAS: ESTUDO DE CASO NA BACIA DO
RIO MANÉ DENDÊ - SALVADOR**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Ambiental do Departamento de Engenharia
Hidráulica e Ambiental da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial
para a obtenção do Título de Bacharel em
Engenharia Ambiental.**

**Orientador: Prof. Carlos Augusto Uchôa da
Silva, D. Eng.**

FORTALEZA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

R31g

Reis, Gabriela de Azevedo.

O geoprocessamento no diagnóstico de vulnerabilidade socioambiental em áreas urbanas : estudo de caso na bacia do Rio Mané Dendê - Salvador / Gabriela de Azevedo Reis . – 2016.
79 f. : il. color., enc. ; 30 cm.

Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Curso de Engenharia Ambiental, Fortaleza, 2016.

Orientação: Prof. Dr. Carlos Augusto Uchôa da Silva,.

1. Geoprocessamento. 2. Zoneamento. 3. Vulnerabilidade socioambiental. I. Título.

CDD 628

GABRIELA DE AZEVEDO REIS

**O GEOPROCESSAMENTO NO DIAGNÓSTICO DE VULNERABILIDADE
SOCIOAMBIENTAL EM ÁREAS URBANAS: ESTUDO DE CASO NA BACIA DO
RIO MANÉ DENDÊ - SALVADOR**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Ambiental do Departamento de Engenharia
Hidráulica e Ambiental da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial
para a obtenção do Título de Bacharel em
Engenharia Ambiental.**

Aprovada em 28/01/2016

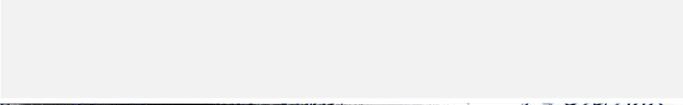
BANCA EXAMINADORA



Prof. Carlos Augusto Uchôa da Silva, D. Eng. (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)



Prof. Dr. César Ulisses Vieira Veríssimo
Universidade Federal do Ceará (UFC)



Prof. Antônio Júnior Alves Ribeiro, MEng.
Instituto Federal do Ceará (IFCE)

Dedicado ao meu irmão, Carlos Vinícius de
Azevedo Reis.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais e à minha família pelo apoio incondicional; à amiga Edilene e ao amigo João Victor por todo o companheirismo durante a graduação; à empresa Quanta Consultoria Ltda., ao diretor Sousa e ao engenheiro Gustavo, por me cederem tantas oportunidades, e em especial à equipe da GDU, por todo o apoio durante a elaboração desse estudo – ao chefe Alexandre Weber, por toda a solidariedade e ensinamentos, à geógrafa Lyvia, pelo seu lado humano e a disponibilidade de ensinar, aos arquitetos André e Ivo e à arquiteta Danielle, por proporcionarem uma visão mais abrangente do desenvolvimento urbano, ao engenheiro ambiental Wilton, por sempre se preocupar com o meu aprendizado provendo projetos e notícias ambientais; às professoras e aos professores do curso de Engenharia Ambiental que influenciaram muitas das minhas decisões – em especial à Professora Ana Bárbara, ao Professor André Bezerra e ao Professor Ronaldo Stefanutti, pela grande dedicação e zelo pelo nosso curso, e ao Professor Bruno Prata, que me introduziu aos estudos do geoprocessamento e por me mostrar que posso atingir meus objetivos me dedicando à vida profissional acadêmica; ao Professor Veríssimo e ao Professor Júnior, por se disponibilizarem a ler, ouvir e aprimorar o meu trabalho; e ao meu grande orientador, Professor Uchoa, por todo o aprendizado, ajuda e conselhos durante esses últimos dois anos.

RESUMO

O planejamento territorial atua como disciplinador de intervenções antrópicas, de modo a controlar o crescimento desordenado e evitar o assentamento da população em áreas de risco de desastres naturais, especialmente nos grandes centros urbanos. Os impactos causados por estes desastres podem ser minimizados ao se adotar medidas de prevenção, como o zoneamento, que identifica e mapeia áreas de risco e populações que estão susceptíveis ao risco, em situação de vulnerabilidade socioambiental. A fim de contribuir com o planejamento territorial e reduzir os impactos causados por desastres naturais nos centros urbanos brasileiros, este trabalho propõe uma metodologia para identificação espacial da vulnerabilidade socioambiental. Para tanto, foi analisado a susceptibilidade de inundações e deslizamentos de terra, que foram os desastres naturais que mais causaram fatalidades no Brasil entre os anos de 1991 e 2010. O método foi aplicado na bacia do rio Mané Dendê, em Salvador, Bahia, que é uma área caracterizada pelo seu alto adensamento populacional e elevada concentração da população de baixa renda, com muitas ocorrências de ocupações irregulares. É uma área de grande valor ambiental e cultural, pois localiza-se nas vizinhanças do Parque São Bartolomeu, que, além de abrigar a maior área remanescente de Mata Atlântica em zona urbana do país, foi palco de lutas históricas como a revolta da Sabinada, e hoje é um santuário de rituais seculares e, também, a maior referência dos cultos afro-brasileiros do país. Para a geração dos produtos foram utilizadas técnicas de geoprocessamento, identificando espacialmente as áreas de risco e as populações em situação de vulnerabilidade e representá-las graficamente, obtendo mapas temáticos como resultado. O mapa de vulnerabilidade ambiental foi gerado a partir da identificação das áreas de risco de deslizamento de terra e de inundação. Foi determinado um Índice de Vulnerabilidade Social para os setores censitários a partir de indicadores de habitação, saneamento, renda, educação e situação social, desenvolvidos com base nos dados do censo demográfico do IBGE 2010, gerando o mapa de vulnerabilidade social. A partir da álgebra de mapas, técnica utilizada para avaliação de impactos ambientais, foi gerado o mapa de vulnerabilidade socioambiental. A metodologia de obtenção da vulnerabilidade social foi considerada satisfatória e segue os padrões adotados em trabalhos similares, aplicados no Brasil e em outros países. Entretanto, é recomendado que seja feita uma maior análise dos critérios utilizados para se obter a vulnerabilidade ambiental, para que o resultado final possa representar uma ferramenta mais segura e informativa para a tomada de decisão no âmbito do planejamento territorial.

Palavras-chave: Geoprocessamento. Zoneamento. Vulnerabilidade socioambiental.

ABSTRACT

Land-use planning acts as a disciplinarian of anthropic interventions in order to control population growth and avoid the people to settle in areas with natural hazards, especially in large urban centers. The impacts caused by these disasters can be minimized by applying preventive measures such as zoning. It identifies and maps risk areas and populations who are in situation of environmental and social vulnerability. Between 1991 and 2010, floods and landslides were the natural disasters with the most fatalities in Brazil. Aiming to contribute with land-use planning and to reduce the impacts caused by these natural disasters in urban centers, this project proposes a methodology to for spatial identification of social and environmental vulnerability. The method was applied in Mané Dendê River's basin, at Salvador, Bahia. This study area is characterized by its high population density and great concentration of low income population, with high occurrence of irregular settlements. It has high environmental and cultural value because it is located in the vicinity of Parque São Bartolomeu. This park olds a home for the larger reminiscent Mata Atlântica area in urban zones in Brazil. Also, famous historical independence rebellions happened there, like Sabinada. Nowadays, the park is a sanctuary for secular rituals and it is the greater reference of African-Brazilian cults in the country. It was used geoprocessing techniques to identify the areas and the population that are vulnerable and graphically represent them through the generation of thematic maps. The environmental vulnerability map was generated through identifying the areas with risk of landslide and floods. It was determined a Social Vulnerability Index to each census district through variables of infrastructure (habitation and sanitation), income, education and social status. These variables were developed based on the 2010 census database published by the Brazilian Institute of Geography and Statistics. Then, it was generated the social vulnerability map. The social and environmental vulnerability map was made by applying the map algebra technique, which is largely used for environmental impacts assessment. The social vulnerability method was considered satisfactory once it follows the pattern adopted by similar works, applied in Brazil and around the world. However, it is recommended for future works a deeper analysis of the criteria used to obtain the environmental vulnerability map so that the final result will be able to represent a safer tool for the decision making in the scope of territorial management planning.

Keywords: Geoprocessing. Zoning. Social vulnerability. Environmental vulnerability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Deslizamento de terra em Teresópolis, RJ.....	19
Figura 2 - Deslizamento de terra em Salvador, BA.....	20
Figura 3 – Inundação em Rio Branco, AC	21
Figura 4 - Mapa político do Brasil	26
Figura 5 - Mapa de Fortaleza, com bairros e praças.....	27
Figura 6 – Modelo digital de elevação em estrutura matricial	28
Figura 7 – Fluxograma do método de trabalho.....	31
Figura 8 – Mapa de localização da bacia do Mané Dendê	39
Figura 9 – Mapa da densidade populacional na bacia do Mané Dendê por setor censitário....	41
Figura 10 – Cercas de proteção do Parque São Bartolomeu, 21/04/2015	42
Figura 11 – Corpo hídrico canalizado, 08/07/2015	43
Figura 12 – Invasão de residências no próprio leito do rio, 15/05/2013	43
Figura 13 – Corpo hídrico canalizado e ocupação inapropriada, 15/05/2013	44
Figura 14 – Mapa com o % de domicílios com destinação alternativa dos esgotos.....	45
Figura 15 – Ocupação em área de grande declividade, 21/04/2015	46
Figura 16 – Relevo irregular, 21/05/2015	46
Figura 17 – Mapa da renda média mensal de chefe de família por setor censitário.....	47
Figura 18 – Mapa da precipitação anual média em Salvador e na bacia do Mané Dendê	48
Figura 19 – Gráfico da umidade relativa do ar máxima, mínima e média mensal em Salvador.....	49
Figura 20 – Mapa da hidrografia da bacia do Mané Dendê e da bacia do Cobre.....	50
Figura 21 – Mapa dos tipos de vegetação em Salvador	51
Figura 22 – Mapa dos tipos de solo em Salvador.....	52
Figura 23 – Mapa de unidades geológicas de Salvador	53
Figura 24 – Modelo Digital de Elevação da bacia do Mané Dendê	55
Figura 25 – Histograma dos intervalos de declividade da bacia do Mané Dendê.....	56
Figura 26 – Mapa de declividade da bacia do Mané Dendê.....	57
Figura 27 – Mapa das áreas de risco de deslizamento de terra.....	58
Figura 28 – Mapa das áreas de risco de inundação	60
Figura 29 – Gráfico representativo das áreas de risco de inundação na bacia do Mané Dendê.....	61
Figura 30 – Mapa de vulnerabilidade ambiental	62
Figura 31 – Gráfico das áreas de risco na bacia do Mané Dendê.....	63

Figura 32 – Mapa de vulnerabilidade social.....	66
Figura 33 – Gráfico da área dos setores censitários com alta ou média-alta vulnerabilidade social.....	67
Figura 34 - Gráfico de frequência de vulnerabilidade social por setor censitário	67
Figura 35 - Gráfico de vulnerabilidade socioambiental	69
Figura 36 – Mapa de vulnerabilidade socioambiental.....	70
Figura 37 – Mapa de ocupações irregulares em áreas de vulnerabilidade	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação da vulnerabilidade social	37
Tabela 2 – Parâmetros e valores da qualidade de água da bacia do Cobre, próximo ao rio Mané Dendê.....	43
Tabela 3 – Valores do IVS e classificação da vulnerabilidade social por setor censitário.....	64
Tabela 4 – Representatividade espacial das vulnerabilidades na bacia do Mané Dendê	71

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Estado da Arte em mapeamento de vulnerabilidade socioambiental	17
Quadro 2 – Síntese de fonte, escala e formato dos dados utilizados.....	16
Quadro 3 – Indicadores utilizados para o cálculo do IVS	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ANA – Agência Nacional de Águas
- APA – Área de Proteção Ambiental
- CAD – Desenho Assistido por Computador
- CEMAC – Centro de Excelência em Matas Ciliares
- CT – Coliformes Termotolerantes
- DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- ESRI - Environmental Systems Research Institute
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IBGE – DGC – Diretoria de Geociências do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IQA – Índice de Qualidade de Água
- IVS – Índice de Vulnerabilidade Social
- IVSA – Índice de Vulnerabilidade Socioambiental
- LAG – Laboratório de Geomática Aplicada
- MDE – Modelo Digital de Elevação
- MMA – Ministério do Meio Ambiente
- PVA – Argilossolo Vermelho-Amarelo
- SAD 69 – *South American Datum 1969*
- SEI – Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia
- SIG – Sistemas de Informações Geográficas
- SIRGAS 2000 – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
- SRH – Secretaria de Recursos Hídricos
- OD – Oxigênio dissolvido
- TIN – *Triangulated Irregular Network*
- UFC – Universidade Federal do Ceará
- UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina
- UTM – Sistema Universal Transversal de Mercator

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Considerações iniciais	14
1.2	Justificativa	15
1.3	Objetivos	16
<i>1.3.1</i>	<i>Objetivo geral</i>	16
<i>1.3.2</i>	<i>Objetivos específicos</i>	16
1.4	Estrutura do documento	16
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1	Considerações iniciais	17
2.2	Desastres naturais, perigo e risco	18
<i>2.2.1</i>	<i>Desastres naturais</i>	18
<i>2.2.1.1</i>	<i>Deslizamentos de terra</i>	19
<i>2.2.1.2</i>	<i>Inundações</i>	20
<i>2.2.2</i>	<i>Perigo e risco</i>	21
2.3	Vulnerabilidade	22
<i>2.3.1</i>	<i>Vulnerabilidade social</i>	23
<i>2.3.2</i>	<i>Vulnerabilidade ambiental</i>	24
<i>2.3.3</i>	<i>Vulnerabilidade socioambiental</i>	24
2.4	Geoprocessamento e Sistemas de Informações Geográficas (SIG)	25
<i>2.4.1</i>	<i>Generalidades</i>	25
<i>2.4.2</i>	<i>Estrutura e funcionamento de um software de SIG</i>	25
3	METODOLOGIA	29
3.1	Materiais	29
<i>3.1.1</i>	<i>Dados secundários</i>	29
<i>3.1.2</i>	<i>Aplicativos computacionais</i>	30
<i>3.1.2.1</i>	<i>ArcGIS</i>	30
<i>3.1.2.2</i>	<i>PostgreSQL</i>	30
<i>3.1.2.3</i>	<i>Microsoft Excel</i>	30
<i>3.1.2.4</i>	<i>AutoCAD</i>	31
3.2	O método	31
<i>3.2.1</i>	<i>Aquisição de dados</i>	32
<i>3.2.2</i>	<i>Alimentação do banco de dados</i>	32
<i>3.2.3</i>	<i>Manipulação dos dados SIG</i>	32
<i>3.2.4</i>	<i>Geração do mapa de vulnerabilidade ambiental</i>	33

3.2.4.1	<i>Geração do MDE e mapa de declividade</i>	33
3.2.4.2	<i>Delimitação das áreas de risco</i>	34
3.2.5	Mapa de vulnerabilidade social	34
3.2.5.1	<i>Padronização dos indicadores</i>	36
3.2.5.2	<i>Cálculo do IVS</i>	37
3.2.5.3	<i>Classificação da vulnerabilidade social</i>	37
3.2.6	Mapa de vulnerabilidade socioambiental	38
4	CARACTERIZAÇÃO DA BACIA DO RIO MANÉ DENDÊ	39
4.1	Localização	39
4.2	Justificativa	40
4.3	Caracterização geral	40
4.3.1	<i>Indicadores socioeconômicos</i>	47
4.3.2	<i>Clima e hidrografia</i>	48
4.3.3	<i>Vegetação</i>	50
4.3.4	<i>Pedologia e geologia</i>	51
5	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	54
5.1	Considerações iniciais	54
5.2	Vulnerabilidade ambiental	54
5.2.1	<i>Deslizamento de terra</i>	54
5.2.2	<i>Inundação</i>	59
5.2.3	<i>Mapa de vulnerabilidade ambiental</i>	61
5.3	Vulnerabilidade social	63
5.4	Vulnerabilidade socioambiental	68
5.5	Considerações finais	71
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	73
	REFERÊNCIAS	74

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

Os grandes centros urbanos recebem, a cada dia, mais habitantes atraídos pela grande diversidade de oportunidades profissionais que oferecem. De acordo com o censo do IBGE (2010), acima de 80% da população brasileira reside em áreas urbanas. Muitas vezes, nas grandes cidades brasileiras, há um crescimento populacional desordenado, que ocorre pela ausência de uma gestão eficiente do planejamento territorial.

A pressão exercida pela expansão populacional das cidades resulta em uma marginalização da parcela mais carente da população, que acaba se assentando em áreas que ainda não estão ocupadas por não oferecerem infraestrutura urbana ou não apresentarem características geomorfológicas adequadas (PLATE, 2002). Essas regiões, muitas vezes, são caracterizadas como margens de corpos hídricos, mangues e dunas, ou até encostas com acentuada declividade. Além de gerar grandes impactos ambientais em áreas que são nacionalmente protegidas, ocupações indevidas deixam a população vulnerável aos fatores externos e em situações de risco de desastres naturais, como inundações e deslizamentos de terra (MEDEIROS, 2014). A população que conta com poucos recursos financeiros, pouca infraestrutura urbana e ainda habita uma área com indícios de risco de desastres naturais, se encontra em estado de vulnerabilidade socioambiental.

A fim de evitar a ocupação desordenada e, com isso, a exposição da população ao risco, o planejamento territorial e a sua gestão atuam como disciplinadores de intervenções antrópicas (NOBRE, 2008). Identificar áreas propícias aos desastres naturais e restringir desenvolvimento urbano nessas localidades, tal como identificar populações que já se encontram em situação de vulnerabilidade, a fim de realocá-los para uma área segura, são funções de um planejamento territorial, e podem reduzir em grande escala os danos causados por fenômenos naturais perigosos (HYDNMAN; HYNDMAN, 2011). Segundo Kobiyama *et al.* (2006), mesmo que não seja possível evitar a ocorrência de desastres naturais, pode-se minimizar os impactos causados. Para os autores, um dos métodos de prevenção de desastres naturais é o zoneamento, que consiste em mapear as áreas de risco, considerando variáveis biofísicas e sociais, a fim de identificar a localização do espaço povoado e das áreas consideradas de risco. O mapeamento pode ser de grande influência na tomada de decisão para o planejamento territorial, pois garante uma melhor análise visual das localidades que necessitam de maior atenção e investimentos que amenizem a situação de vulnerabilidade.

O mapeamento pode ser desenvolvido a partir das técnicas do geoprocessamento, que, de acordo com Xavier-da-Silva (2001), é conceituado como um conjunto de técnicas desenvolvidas em computadores, onde bases de dados são populadas com ocorrências de fenômenos espaciais georreferenciados, transformando-os em informações. Essas técnicas auxiliam na visualização espacial de um problema, sendo uma espécie de acréscimo de conhecimento.

Este estudo se dedica ao desenvolvimento de mapas de vulnerabilidade socioambiental em áreas urbanas, a partir do uso de técnicas de geoprocessamento. Também foi implementado um banco dados com informações físicas (hidrografia, altimetria), de infraestrutura (saneamento, abastecimento de água, eletricidade, etc.) e socioeconômicas (idade, renda, educação e outros).

1.2 Justificativa

Durante a década de 2000, no Brasil, houve um aumento de 73% nas ocorrências registradas de desastres naturais em relação à década anterior. As ocorrências de movimentos de massa foram as que tiveram um aumento mais expressivo, e, entre os anos de 1991 e 2010, foram, ao lado das inundações, as maiores causadoras de fatalidades. A região nordeste lidera, dentre as regiões brasileiras, o ranking do número de afetados por desastres naturais, e, para o número de mortos, perde apenas para a região sudeste. Os estados da Bahia, Piauí e Paraíba são, respectivamente, os estados mais afetados na região nordeste (UFSC, 2012).

O mapeamento das áreas de risco pode informar visualmente a localização dos lugares mais vulneráveis, podendo ser de grande importância para definir prioridades de investimento que melhorem a qualidade de vida das famílias em situação de risco, diminuindo, assim, a quantidade de pessoas afetadas por desastres naturais e minimizando os impactos causados.

Esta pesquisa justifica-se principalmente devido a possibilitar a análise e a identificação espacial da vulnerabilidade socioambiental através do geoprocessamento, que pode ser usado no processo de tomada de decisão, que vise assistir populações vulneráveis e em situação de risco, minimizando assim, impactos sociais e ambientais causados por eventuais desastres naturais.

Para o desenvolvimento deste trabalho, escolheu-se como área de estudo, a região que engloba a bacia do Rio Mané Dendê, situada no Subúrbio Ferroviário da cidade de Salvador, que é uma das maiores e mais densas cidades do Brasil. Esta escolha justifica-se pelas

características físicas e sociais da área, além das oportunidades atuais de melhorias a partir de investimentos da Prefeitura de Salvador, melhor detalhado no Capítulo 4.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Explicitar e apresentar uma metodologia capaz de auxiliar o processo de planejamento territorial a partir do mapeamento de áreas de vulnerabilidade socioambiental em centros urbanos.

1.3.2 Objetivos específicos

- Criar e popular um banco de dados georreferenciados com informações necessárias para o desenvolvimento do mapa de vulnerabilidade socioambiental;
- Mapear a vulnerabilidade ambiental com base nas áreas de risco;
- Mapear a localização da população vulnerável a partir de dados socioeconômicos georreferenciados;
- Determinar um indicador de vulnerabilidade social;
- Gerar mapa de vulnerabilidade socioambiental.

1.4 Estrutura do documento

O trabalho está dividido em seis capítulos. O primeiro capítulo apresenta uma visão geral do trabalho, destacando os objetivos e a justificativa da pesquisa. O embasamento teórico é apresentado no capítulo dois, conceituando aspectos sobre riscos, desastres naturais, vulnerabilidade e geoprocessamento. O capítulo três indica os materiais utilizados e descreve a metodologia aplicada para a elaboração do trabalho. No quarto capítulo é feita a descrição da área de estudo, incluindo aspectos físicos e socioeconômicos, além de explanar a motivação da escolha da área de estudo. Os resultados obtidos são apresentados e analisados no capítulo cinco. O capítulo seis encerra o trabalho com as conclusões e recomendações feitas a partir dos resultados obtidos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Considerações iniciais

Este capítulo consiste em uma revisão bibliográfica acerca de conceitos chaves e principais temas que estão relacionados aos objetivos deste trabalho. São eles: desastres naturais, perigo e risco, vulnerabilidade, geoprocessamento e Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

Mundialmente, os estudos sobre vulnerabilidade social e ambiental tiveram grande ascensão na década de 1990, com trabalhos-referência como Cutter (1993 e 1996), Blaikie *et al.* (1994) e Moser (1998). No Brasil, este tema ganhou mais visibilidade durante os anos 2000, destacando-se alguns trabalhos, como o de Torres e Costa (2006) e Hogan e Marandola (2004, 2006). Além dos já citados, o Quadro 1 apresenta trabalhos importantes publicados nos últimos anos acerca de mapeamento de vulnerabilidade socioambiental no Brasil.

Quadro 1 – Estado da Arte em mapeamento de vulnerabilidade socioambiental (continua).

Pesquisador(a)	Publicação	Avanço(s)
ALVES, 2006	Vulnerabilidade Socioambiental na Metrópole Paulistana: Uma Análise Sociodemográfica das Situações de Sobreposição Espacial de Problemas e Riscos Sociais e Ambientais	Vulnerabilidade social agravada por riscos ambientais e degradação ambiental, com maior concentração de jovens e crianças
GARCIA e MATOS, 2007	A Distribuição Espacial da Vulnerabilidade Social das Famílias Brasileiras	Criou e determinou o Índice de Vulnerabilidade Municipal, comparou com IDH
ALVES <i>et al.</i> , 2010	Vulnerabilidade Socioambiental nos Municípios do Litoral Paulista no Contexto das Mudanças Climáticas	Aplicação do modelo de vulnerabilidade do socioambiental para mudanças climáticas
ALMEIDA, 2010	Vulnerabilidades Socioambientais de Rios Urbanos	Cálculo de IVSA para rios urbanos

Quadro 1 – Estado da Arte em mapeamento de vulnerabilidade socioambiental (conclusão).

MEDEIROS, 2014	Vulnerabilidade Socioambiental no Município de Caucaia (CE): Subsídios ao Ordenamento Territorial	Realizou o mapeamento de Vulnerabilidade Socioambiental no município de Caucaia - CE
SANTOS, 2015	Relação Entre Fragilidade Ambiental e Vulnerabilidade Social na Susceptibilidade aos Riscos	Mediu a relação entre vulnerabilidade social e ambiental diante da susceptibilidade aos riscos em ambientes urbanos

Fonte: Elaborado pela autora.

2.2 Desastres naturais, perigo e risco

Para compreender os estudos de vulnerabilidade ambiental, é necessário entender conceitos chave que são fundamentais na identificação de um quadro de vulnerabilidade. Esta seção tratará destes conceitos, relacionando-os com os objetivos deste trabalho.

2.2.1 Desastres naturais

Fenômenos naturais são quaisquer manifestações da natureza. Podem acontecer com alguma periodicidade, como fenômenos chuvosos que ocorrem em uma região durante certos meses a cada ano, ou podem ser fenômenos extraordinários, como terremotos e tsunamis. Dependendo de sua magnitude, intensidade ou até mesmo do fator surpresa, um fenômeno natural pode ser classificado como perigoso, recebendo essa denominação por apresentar potencial danoso (MASKREY, 1993).

Segundo Marcelino (2008), desastres naturais representam os impactos causados por um fenômeno natural de potencial danoso, quando este provoca sérios danos e prejuízos à população atingida. Quando ocorre um fenômeno natural, não necessariamente ocorrerá um desastre natural (MONTEIRO; PINHEIRO, 2012). De acordo com Maskrey (1993) e Kobiyama (2006), o fenômeno natural será considerado desastre natural quando uma área povoada é atingida, causando danos e vitimando pessoas.

O impacto que um desastre natural pode causar está relacionado não somente ao tamanho da área atingida, mas também ao efeito causado na população. Além disso, o tipo de dano consequente de um desastre também depende do desenvolvimento socioeconômico da

região. Países em desenvolvimento, como o Brasil, enfrentam um crescente número de pessoas que habitam áreas perigosas, como terrenos com declividade elevada ou situados às margens de rios. Em uma situação de urgência, o trabalho de evacuação se torna mais difícil (HYDNMAN; HYNDMAN, 2011).

Tobin e Montz (1997) dividiram o processo de desastre em três fases, sendo estas o “antes” (etapa de prevenção, visando diminuir o risco e preparar a sociedade para o impacto), o “durante” (assistência às vítimas e reabilitação em curto prazo) e o “depois” (reabilitação em longo prazo). A primeira fase é considerada a mais importante, pois são adotadas medidas de prevenção (zoneamento ambiental, políticas públicas, educação ambiental, obras de engenharia, etc) com o objetivo de reduzir o impacto de um possível desastre. Quanto mais investimento na prevenção, menor será a consequência de um desastre e menos será gasto posteriormente (MARCELINO, 2008).

2.2.1.1 Deslizamentos de terra

As encostas são partes laterais de uma elevação, compostas por materiais como rochas, solos e vegetação (CUNHA FILHO, 2012). Deslizamento de terra é caracterizado como todo e qualquer movimento coletivo de massa e materiais da encosta, movidos pela força da gravidade (GUIDICINE; NIEBLE, 1983; SHELBY, 1993). Estes fenômenos naturais são essenciais para a evolução de paisagens e relevos, embora o deslizamento de uma grande quantidade de material pode vir a desencadear um desastre natural, caso haja população na área afetada.

Figura 1 - Deslizamento de terra em Teresópolis, RJ



Fonte: LETA, 2011.

Figura 2 - Deslizamento de terra em Salvador, BA



Fonte: R7, 2015.

Os deslizamentos, mesmo que de causa natural, podem ser agravados por ações antrópicas indevidas, especialmente por ocupações desordenadas em encostas íngremes (KOBİYAMA, 2006). As ocupações causam modificação no curso natural das águas, desmatamento e aumento da permeabilidade do solo. Essas alterações de origem antrópica causam diminuição da resistência do maciço e aumentam a poropressão (pressão da água nos vazios do solo) por percolação, que caracterizam possíveis causas de deslizamentos de terra (PIRES; SILVA, 2010). Como exemplo, pode ser citado o trabalho de Fernandes, Lagüéns e Netto (1999), onde é verificado que 50% dos deslizamentos ocorridos no Maciço da Tijuca aconteceram em favelas, que ocupam uma área de apenas 4,6% do maciço.

2.2.1.2 Inundações

A inundação é caracterizada pelo aumento do nível dos rios, que vai além da sua normalidade, com conseqüente transbordamento de águas às suas margens (KOBİYAMA *et al*, 2006). Popularmente, se confunde este conceito com enchente, que é definida apenas pela elevação do nível de água do rio, mas sem ocorrer o extravasamento (TOMINAGA; AMARAL; SANTORO, 2009).

Figura 3 - Inundação em Rio Branco, AC



Fonte: FULGÊNCIO, 2015.

No período de 1948 a 2004, os desastres naturais que geraram maiores perdas humanas foram as inundações. Entende-se que inundações são inevitáveis, mas que existem maneiras de reduzir seus danos e prejuízos. A frequência com que ocorrem as inundações tem crescido, podendo isto estar associado ao aumento de habitações em planícies de inundação. Com a retirada da vegetação nativa e a formação de superfícies artificiais e impermeáveis, as construções urbanas (casas, estradas, prédios) alteram a permeabilidade do solo e ocasionam a diminuição da capacidade de infiltração e o aumento do escoamento superficial, que pode resultar no carreamento de solo para a calha do rio, acelerando o processo de assoreamento, além de aumentar a vazão do rio em épocas de fortes chuvas. (KOBAYAMA *et al*, 2006). É possível citar, como um exemplo, o trabalho de Simões *et al.* (2012), onde foi mostrado que a mudança na paisagem e o processo de urbanização aumentaram os riscos de inundação na Av. Cristiano Machado, em Belo Horizonte, principalmente para habitações que são de baixa renda.

2.2.2 Perigo e risco

Perigo é um fenômeno natural com potencial danoso que acontece na biosfera, em épocas e regiões conhecidas. Já o risco acontece quando há probabilidade de que um fenômeno natural de cunho perigoso cause danos a um indivíduo ou a uma área habitada. (KOBAYAMA *et al.*, 2006). Por exemplo: no mês de janeiro, ocorrem chuvas intensas no estado do Rio de

Janeiro. Estas chuvas tendem a causar inundações e deslizamentos de terra. Este cenário gera uma situação de perigo. Se a chuva acontece em uma área habitada, a possibilidade de inundações e deslizamentos passa a ser caracterizada como risco. Caso a população seja atingida, gerando perdas materiais e/ou vítimas, o evento se caracteriza como um desastre natural. Em uma situação de ausência de danos, o evento será apenas um fenômeno natural.

A palavra “risco” pode ser interpretada tanto como um perigo em potencial quanto como a percepção de uma situação perigosa, onde o indivíduo está situado ou simplesmente pode sentir os efeitos. Para que possa ser levado em consideração em um plano de gestão de políticas públicas, o risco deve ser tal que seja possível calcular. Caso contrário, a noção de risco vira apenas incerteza. Se o acontecimento é totalmente imprevisível e pontual, não se faz necessário ser integrado a uma política de prevenção, como por exemplo, o impacto consequente de uma colisão de um meteorito com a Terra. O processo que tenha como característica o potencial de perigo passa a ser considerado risco para a população no momento em que se torna previsível. A percepção e gestão do risco têm se aperfeiçoado, melhorando as políticas de prevenção, que contam com a cartografia como ferramenta fundamental. Os riscos são frequentemente assinalados em mapas, por meio de zoneamentos, que são essenciais tanto na tomada de decisão quanto na comunicação com a população, permitindo a objetivação do risco e tornando clara a sua designação como problema público (VEYRET, 2007).

O risco é extremamente mutável, estando diretamente ligado aos elementos naturais e sociais do processo. Além disso, não é possível eliminar totalmente o risco de alguma situação de perigo, mas podem ser feitas medidas de gerenciamento de risco, tornando-o aceitável. (MARCELINO, 2008).

2.3 Vulnerabilidade

O conceito de vulnerabilidade evoluiu das ciências sociais e foi introduzido na percepção do risco de desastres a partir da década de 70. Ainda não há um consenso acerca da conceituação do termo. Para este trabalho, será usada a definição publicada pelo setor de redução de desastres da Organização das Nações Unidas em 2004, que conceitua a vulnerabilidade como sendo um conjunto de condições determinadas por fatores ou processos físicos, sociais, econômicos e ambientais, que aumentem a suscetibilidade de uma comunidade de sofrer impactos consequentes de desastres (UM/ISDR, 2004). Cutter (1996) resume o conceito ao dizer que a vulnerabilidade é o potencial de perda, onde esse potencial é a suscetibilidade de sofrer impactos e a perda é a consequência dos impactos sofridos.

Essa definição pode ser relacionada com a “dupla estrutura” da vulnerabilidade. Birkmann (2006) descreve a vulnerabilidade com estrutura interna, sendo as condições físicas, econômicas, sociais e ambientais em que um indivíduo ou uma comunidade estão inseridos, e estrutura externa, sendo a exposição desse indivíduo ou comunidade aos impactos de fatores externos às suas condições de vida, como desastres naturais. Ainda, esse conceito expressa uma multidimensionalidade da vulnerabilidade, onde a visão de um fenômeno natural passa a receber foco na totalidade de relações existentes em uma dada situação social, constituindo uma condição que, combinada com forças externas ambientais, pode produzir um desastre natural.

Nas cidades latino-americanas, a vulnerabilidade diante de ameaças externas aumenta devido a razões espaciais, sociais, históricas e institucionais. A urbanização na América Latina multiplicou-se de 10 a 15 vezes durante o século XX e, juntando isso com a grande segregação de classes, acaba apresentando uma alta vulnerabilidade das classes de baixa renda, que aparecem ligadas ao subdesenvolvimento e à falta de infraestrutura urbana, além de haver um fraco preparo para enfrentar crises e urgências (VEYRET, 2007).

A vulnerabilidade pode ser analisada tanto como risco biofísico quanto como uma resposta social, ambos dentro de certo domínio espacial, onde se identifica a localização de pessoas e locais vulneráveis ao risco natural e também quais destas pessoas se enquadram no grupo social de maior vulnerabilidade, sendo possível a integração das duas análises (CUTTER, 1996).

Para esta pesquisa, serão avaliadas, separadamente, vulnerabilidade social e vulnerabilidade ambiental, para, então, realizar uma integração dos dados, formando um único índice de vulnerabilidade socioambiental, tomando como base as metodologias desenvolvidas por Medeiros (2014) e Alves (2013).

2.3.1 Vulnerabilidade social

Vulnerabilidade social é um conceito multidimensional que identifica as características de comunidades que as tornam capazes, ou não, de responder a um, ou se recuperar de um desastre natural (CUTTER; BORUFF; SHIRLEY, 2003). Além disso, auxilia no entendimento de riscos e perdas em potencial de uma comunidade diante da existência de um desastre (CUTTER, 2011).

Devido à multidimensionalidade dos fatores que contribuem para a vulnerabilidade social, ainda não foram definidas variáveis que possam garantir o completo sucesso dos índices de vulnerabilidade social (SCHMIDTLEIN *et al.*, 2008), mas muitas vezes são usadas variáveis

que indicam a infraestrutura de apoio às necessidades básicas (como abastecimento de água e coleta de esgoto sanitário), população com necessidades especiais (como crianças e idosos), renda, gênero, raça etc. (CUTTER, 1996). Complementando este raciocínio, Dantas e Costa (2009) afirmam que se encaixam no quadro de vulnerabilidade aquelas comunidades que apresentem condições sociais, culturais, éticas, políticas, econômicas, educacionais e de saúde com diferenças entre o resto da sociedade na qual estão inseridas, caracterizando, assim, a condição de desigualdade social.

2.3.2 Vulnerabilidade ambiental

Um ecossistema é composto de vários componentes estruturais, sendo eles bióticos ou abióticos, que estão sempre em interação mútua, mantendo um equilíbrio. Uma perturbação nesse ecossistema, natural ou antrópica, não necessariamente vai causar um colapso, pois pode haver mecanismos internos que compensem a alteração. Seguindo este raciocínio, a vulnerabilidade ambiental de um ecossistema pode ser analisada de acordo com sua capacidade de resposta frente às perturbações, por meio dos mecanismos internos, de modo a se manter estável mesmo diante de alterações (TAGLIANI, 2002). Esse conceito é enfatizado por Santos e Caldeyro (2007) ao afirmarem que a vulnerabilidade ambiental é justamente a resposta do meio às ações antrópicas, que possam afetar sua estabilidade e qualidade ambiental.

Entretanto, Tagliani (2002) considera quase impossível uma mensuração da vulnerabilidade ambiental nestes termos, cabendo aos pesquisadores e aos tomadores de decisão optar por uma abordagem sistêmica, que obedeça aos objetivos traçados e que garanta uma aproximação satisfatória diante da problemática da área de estudo escolhida. Ainda de acordo com Tagliani (2002), em síntese, a vulnerabilidade ambiental significa a suscetibilidade de um ambiente diante de um impacto ocasionado por alguma ação antrópica.

2.3.3 Vulnerabilidade socioambiental

A vulnerabilidade socioambiental é representada pela coexistência espacial entre comunidades com escassez de recursos e precária infraestrutura (vulnerabilidade social) e áreas de risco ou um meio caracterizado por degradação ambiental (vulnerabilidade ambiental) (ALVES, 2006). Em sua tese, Deschamps (2004) fortalece essa linha de raciocínio ao afirmar que a vulnerabilidade socioambiental é a coincidência de vulnerabilidade social e ambiental para uma mesma população em um mesmo espaço.

Reforçando o que já foi dito no primeiro capítulo deste trabalho, Deschamps (2004) afirma que áreas de risco de vulnerabilidade ambiental são povoadas por populações socialmente vulneráveis. Diante disso, fica mais evidente a necessidade da identificação destas áreas, já que são concentradas de população com baixa capacidade de resiliência frente às perdas consequentes de um desastre e que precisam da assistência de políticas públicas que tragam mais segurança para a porção da sociedade que está em maior necessidade. E, segundo Cutter (2011), o mapeamento de vulnerabilidade socioambiental ajuda na compreensão da relação entre as populações vulneráveis e os ambientes naturais vulneráveis.

2.4 Geoprocessamento e Sistemas de Informações Geográficas (SIG)

2.4.1 Generalidades

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) existem desde os anos 1960, e o uso dessa tecnologia cresceu bastante na década de 80, continuando a se expandir nos dias atuais (DELANEY; VAN NIEL, 2007). SIG é sistema que agrupa ferramentas que servem para coleta, armazenamento, transformação e exibição de informações espaciais para um ou mais objetivos, onde estas informações descrevem a localização de quaisquer objetos no mundo real, acompanhados de seus respectivos atributos (BURROUGH, 1986). Em síntese, Sistemas de Informações Geográficas (SIG) é o termo utilizado para denominar sistemas computacionais que utilizam referências geográficas. Corresponde, ainda, à ferramenta computacional que auxilia o geoprocessamento (MEDEIROS, 2014).

O termo geoprocessamento se refere ao processamento de dados geográficos ou georreferenciados, que são dados cuja informação está atribuída a uma localização geográfica (XAVIER, 2010). Câmara, Davis e Monteiro (2001) definem geoprocessamento como uma disciplina de conhecimento que faz uso de técnicas computacionais e matemáticas com o objetivo de tratar informações espaciais.

2.4.2 Estrutura e funcionamento de um software de SIG

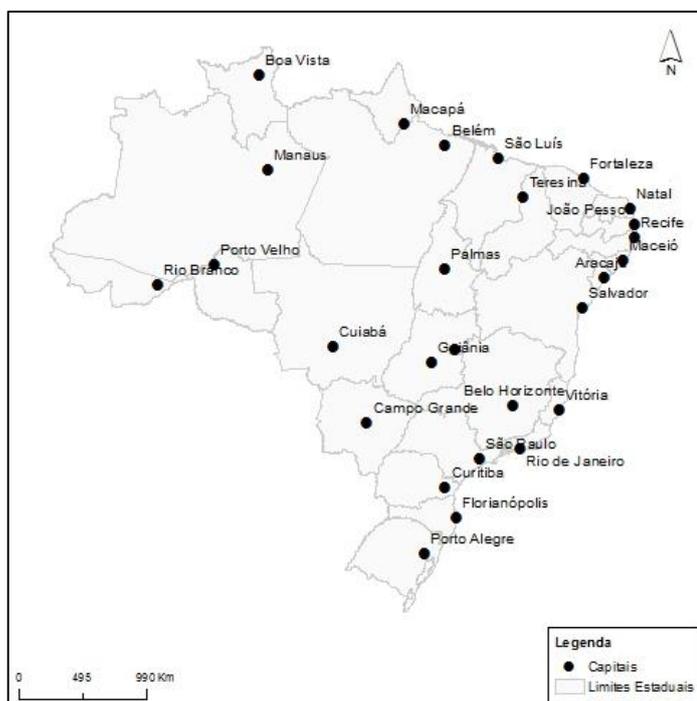
Para descrever a estruturação dos dados (componentes espaciais associados a informações geográficas) de um SIG, são usadas, muitas vezes, duas abordagens: a estrutura matricial e a estrutura vetorial (CÂMARA *et al.*, 1997).

A estrutura vetorial é, possivelmente, a estrutura mais simples de se compreender, uma vez que sua representação gráfica é a mais usual em mapas. Seus componentes básicos são polígonos (que representam, por exemplo, bairros em uma cidade), linhas (principais avenidas de uma cidade) e pontos (praças, escolas, hospitais), geralmente utilizados no formato de *shapefile* (DELANEY; VAN NIEL, 2007).

O *shapefile* foi desenvolvido pelo Environmental Systems Research Institute – ESRI® e armazena posição, formato e atributos de feições geográficas. Ao adicionar um *shapefile* em um *software* de SIG, o visualizador de mapa exibe o arquivo em um formato de rápida visualização e leitura (ESRI, 1998).

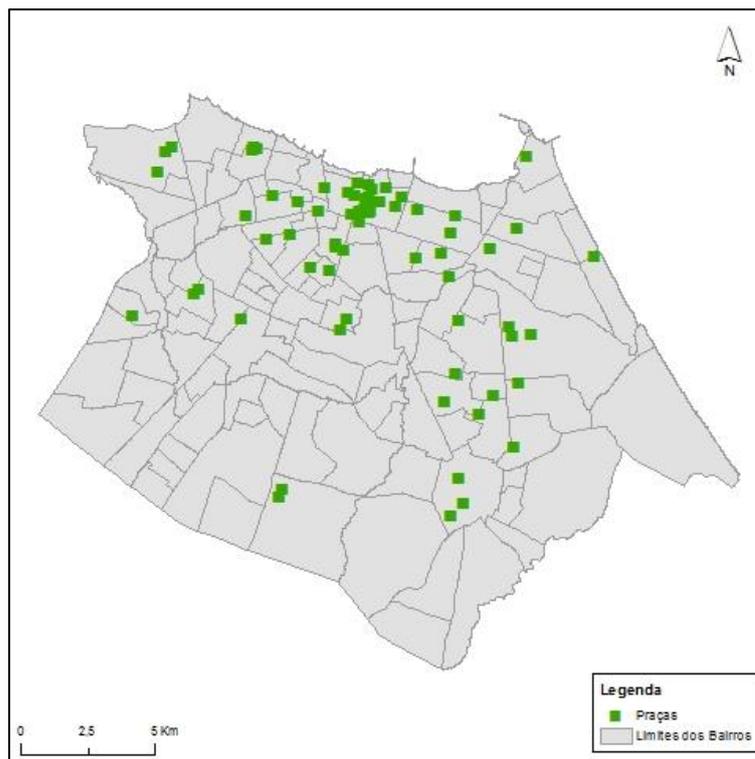
Polígonos, linhas e pontos representam as menores unidades de informação espacial em uma camada de dados de um SIG. Dependendo da escala do mapa, os atributos podem ser representados por diferentes componentes (DELANEY; VAN NIEL, 2007). Por exemplo, na Figura 4, o Brasil e seus estados são representados por polígonos, e as capitais são representadas por pontos. Já na Figura 5, os polígonos representam a cidade de Fortaleza e seus bairros, enquanto os pontos representam praças da cidade. Alterando a escala, a representação da cidade de Fortaleza passou de ponto para polígono.

Figura 4 - Mapa político do Brasil



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 5 - Mapa de Fortaleza, com bairros e praças

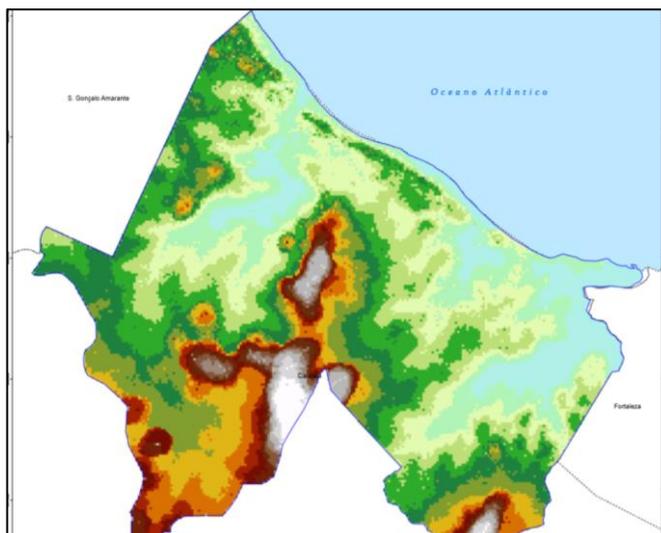


Fonte: Elaborado pela autora.

Em uma estrutura matricial, o mundo real é dividido em células, que são o componente básico para este modelo. As células são pixels que contêm um número ou código chave, que está ligado à sua descrição (por exemplo, 1 é uma árvore, 2 é um banco). É um método relativamente simples de uso e armazenamento de dados. Este modelo é compatível com qualquer atributo que seja contínuo (exibe mudanças contínuas através do espaço – qualquer localização no espaço receberá um valor diferente), como informações de elevação, que são comumente armazenadas em estrutura matricial, onde cada célula fornece a cota altimétrica de sua devida localização (DELANEY; VAN NIEL, 2007).

A Figura 6 apresenta um Modelo Digital de Elevação em superfície *raster*, estrutura matricial, feita por Silva *et al.* (2015). Os tons azulados representam baixas cotas altimétricas e, à medida que a representação gráfica varia entre tons esverdeados, alaranjados e esbranquiçados, os valores das cotas vão aumentando, indicando elevações no relevo.

Figura 6 – Modelo digital de elevação em estrutura matricial



Fonte: Silva *et al.* (2015).

Os dados estão contidos em um sistema de coordenadas, que é responsável por garantir a localização espacial dos objetos. As coordenadas são definidas pela projeção e pelo *datum* utilizado, que existem devido à conversão do mundo real em três dimensões para informações em duas dimensões, como normalmente são representadas em mapas (DELANEY; VAN NIEL, 2007). Nesta pesquisa, será utilizado o Sistema Universal Transversal de Mercator (UTM), que é baseado em coordenadas plano-retangulares. O sistema conta com 60 cilindros transversos e secantes ao elipsóide da Terra, e conta com fusos que são numerados de 1 a 60, a partir do anti-meridiano de Greenwich. O sistema UTM é uma das projeções mais utilizadas por preservar ângulos e ter pequena deformação de área (SILVA, 2003; FITZ, 2008). As projeções necessitam do uso de um *datum*, que é utilizado como referência do que será projetado. No Brasil, o único sistema oficialmente adotado atualmente é o SIRGAS 2000. Portanto, nesta pesquisa serão utilizados o *datum* SIRGAS 2000, em projeção cartográfica UTM.

3 METODOLOGIA

3.1 Materiais

Para a elaboração deste estudo, foram usados, basicamente, dados socioeconômicos espacializados, dados físicos e aplicativos computacionais, que serão descritos neste capítulo.

3.1.1 Dados secundários

Os dados necessários para a execução desta pesquisa foram disponibilizados pelos órgãos competentes. São eles: IBGE, Prefeitura de Salvador e Ministério do Meio Ambiente (MMA). Além destes dados, a empresa Quanta Consultoria Ltda. cedeu gentilmente imagem de satélite da área. A imagem de Satélites WorldView-2 é georreferenciadas e datada de junho de 2014, com cobertura de nuvens máxima de 3% e resolução espacial de 50 cm, e apresenta nível de geoprocessamento ortoretificado. O Quadro 2 apresenta a fonte, o formato e a escala ou resolução em que foi obtido cada dado.

Quadro 2 – Síntese de fonte, escala e formato dos dados utilizados (continua).

Dados	Fonte	Formato	Escala de obtenção / Resolução
Limites administrativos	IBGE	Vetorial	1:2.500.000 (Estadual) 1:250.000 (Municipal)
Censo demográfico e vetores dos setores censitários	IBGE	Tabular e vetorial	1:250.000
Base cartográfica de Salvador	Prefeitura de Salvador	Vetorial	1:10.000
Solos do Brasil	EMBRAPA	Vetorial	1:600.000
Vegetação do Brasil	IBGE – DGC	Vetorial	1:5.000.000
Unidades de Conservação	MMA	Vetorial	1:5.000 a 1:100.000

Quadro 2 – Síntese de fonte e escala dos dados utilizados (conclusão).

Precipitação Média Anual	MMA, ANA, SRH	Vetorial	1:5.000.000
Imagem de satélite 07/06/2014	Cedida pela Quanta Consultoria Ltda.	Matricial	Resolução 50 cm

Fonte: Elaborado pela autora.

3.1.2 Aplicativos computacionais

3.1.2.1 ArcGIS

Foi utilizada a versão 10.0 do ArcGIS, assim como suas extensões de análise espacial, disponível para uso no LAG (Laboratório de Geomática Aplicada), do Departamento de Engenharia de Transportes/Centro de Tecnologia da UFC (Universidade Federal do Ceará). O ArcGIS é um SIG utilizado para a exploração, análise e visualização de informações espaciais. Atualmente, é o SIG mais utilizado no mercado global, e apresenta um vasto leque de recursos para manipulação dos mais variados dados espaciais (RIBEIRO, 2010). Nesta pesquisa, o ArcGIS foi utilizado para realizar operações espaciais, popular e manipular o bando de dados espacial e gerar mapas temáticos.

3.1.2.2 PostgreSQL

A versão 9.3 do PostgreSQL foi utilizada para a geração de *shapefiles* a partir do bando de dados do Censo Demográfico 2010 do IBGE, facilitando a análise e manipulação espacial destes dados estatísticos. O PostgreSQL é um sistema capaz de gerenciar banco de dados de código aberto e possui forte reputação de confiabilidade, integridade e conformidade. Apresenta, ainda, a capacidade de ser utilizado como uma base de dados espacial para SIGs através da plataforma PostGIS (STERN, 20--).

3.1.2.3 Microsoft Excel

MS-Excel 2010® foi desenvolvido pela Microsoft® e é utilizado para a criação e manipulação de planilhas eletrônicas, com recursos matemáticos básicos e avançados, além de cálculos financeiros e estatísticos (RIBEIRO, 2010). O Excel foi utilizado para manipulação

dos dados estatísticos, facilitando o cálculo do IVS, além da análise dos resultados obtidos e geração de gráficos.

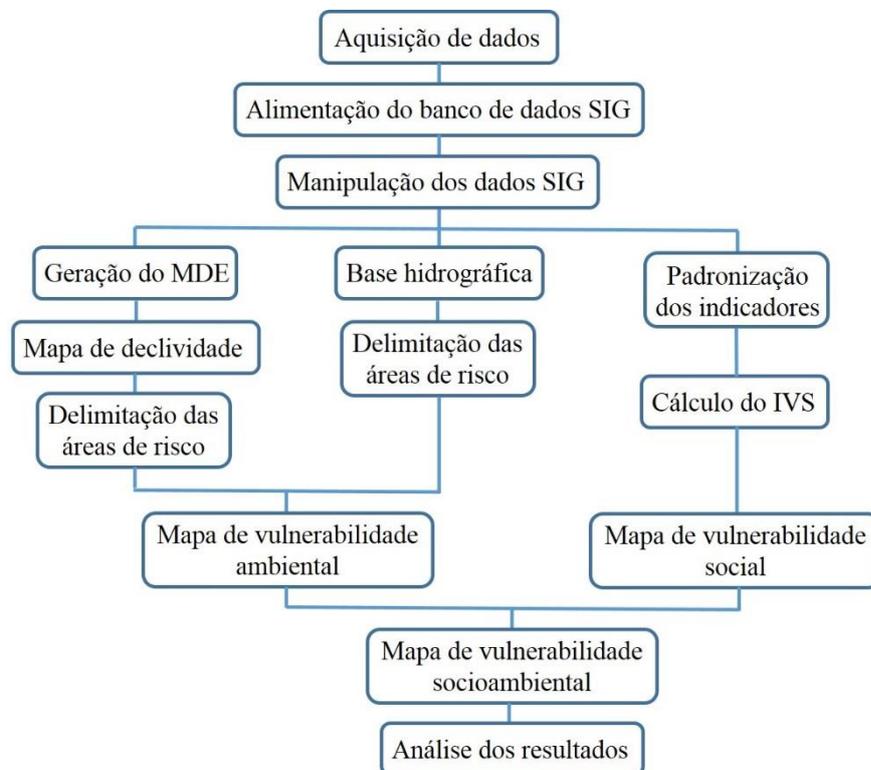
3.1.2.4 AutoCAD

O AutoCAD é um *software* de CAD (Desenho Assistido por Computador), desenvolvido pela Autodesk®, com funções de desenho técnico em duas dimensões à criação de modelos tridimensionais. Para o estudo, foi utilizada a versão de estudante de 2015, disponibilizada gratuitamente pela Autodesk®, para fazer um pré-tratamento na base cartográfica de Salvador, antes de utilizá-la no ArcGIS.

3.2 O método

A metodologia utilizada para este trabalho foi baseada nos modelos apresentados por Medeiros (2014) e por Alves (2013). A Figura 7 representa os passos adotados para o desenvolvimento do estudo.

Figura 7 – Fluxograma do método de trabalho



Fonte: Elaborado pela autora.

3.2.1 Aquisição de dados

A pesquisa e obtenção dos dados foram feitas, em sua grande maioria, através das plataformas online dos devidos órgãos competentes: IBGE e Ministério do Meio Ambiente. A base cartográfica de Salvador, contendo informações fundamentais como as curvas de nível e a hidrografia da cidade, foi cedida pela Prefeitura de Salvador, por intermédio da empresa Quanta Consultora Ltda. Todos estes dados utilizados foram obtidos em meio digital.

3.2.2 Alimentação do banco de dados

Os arquivos já em formato *shapefile* foram inseridos diretamente no ArcGIS. Vale ressaltar que a base cartográfica foi obtida em formato .dwg e, antes de ser inserida no ArcGIS, foi feita uma limpeza de informações não importantes para o objetivo deste trabalho no programa AutoCAD.

O banco de dados do Censo Demográfico do IBGE 2010, com todas as suas variáveis em planilhas no formato .csv, foi adicionado no programa PostgreSQL. As variáveis necessárias para o desenvolvimento do trabalho foram selecionadas e, na sequência, gerou-se um arquivo em formato vetorial (polígonos) do estado da Bahia com as informações das variáveis escolhidas para cada setor censitário do estado. Estas informações são exibidas na tabela de atributos do arquivo.

3.2.3 Manipulação dos dados SIG

Devido os dados terem sido obtidos de fontes e datas diferentes, os arquivos espaciais possuíam sistemas de referência e de coordenadas diferentes, variando entre SAD 69 (*South American Datum 1969*) e SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas). Para padronizar as informações, todos os arquivos foram alocados para o sistema de referência SIRGAS 2000, que é o sistema oficialmente adotado no Brasil atualmente, e para o sistema de projeção cartográfica UTM, Fuso 24 Sul.

Após a compatibilização dos sistemas de coordenadas dos dados espaciais, foi realizado um recorte nas malhas vetoriais, através da operação espacial *Clip*, de modo que as informações sejam exibidas apenas dentro dos limites da bacia do Rio Mané Dendê.

3.2.4 Geração do Mapa de vulnerabilidade ambiental

A metodologia escolhida para a avaliação da vulnerabilidade ambiental na bacia do rio Mané Dendê foi aquela usada por Alves (2013), que difere da realizada por Medeiros (2014) por incluir apenas áreas de declividade, margens de rios e manguezais. Medeiros considera o mapa de sistemas ambientais. Entretanto, a área da bacia do rio Mané Dendê é cerca de 600 vezes menor que a área de estudo utilizada por Medeiros, que representa o município inteiro de Caucaia, no Ceará. A bacia não tem, portanto, tanta variedade de sistemas ambientais quanto o município de Caucaia, o que resultaria em um mapeamento pouco significativo para a escala desta pesquisa. Além disso, o método de Alves tem maior compatibilidade com os objetivos deste trabalho, uma vez que procura medir a vulnerabilidade ambiental através dos riscos de deslizamentos de massa e de inundações.

O método consiste em delimitar as áreas de risco de acordo com o grau de declividade e a proximidade dos corpos hídricos, além de incluir áreas de manguezal. Para isso, foi necessário um mapa de declividade e uma base hidrográfica da região.

3.2.4.1 Geração do MDE e mapa de declividade

O MDE (Modelo Digital de Elevação) representa a variação de altimetria de um terreno. Foi gerado a partir das curvas de níveis extraídas da base cartográfica de Salvador, com a criação de uma superfície TIN (*Tirangulated Irregular Network*). Esta superfície é formada de uma grade irregular, constituída de triângulos que são interligados. Cada vértice dos triângulos (pontos) representa um valor de cota altimétrica, além de conter as coordenadas planimétricas.

Foi utilizada a ferramenta *Fill*, dentro da *toolbox* de análise espacial do ArcGIS, que realiza o preenchimento e remoção de falhas (elevações não contínuas de valores menores ou maiores) no MDE, servindo como uma correção do modelo. O MDE é convertido, então, de superfície TIN para *raster*, obtendo-se resultado similar ao da Figura 6, destacada no capítulo anterior deste trabalho. Em seguida, é utilizada a ferramenta *Slope* para a geração do mapa de declividade, onde sua classificação foi feita em graus.

3.2.4.2 Delimitação das áreas de risco

Seguindo o método de Alves (2013), as áreas de risco representam quaisquer áreas que possuam declividades superiores a 30 graus, consideradas bastante suscetíveis a processos instáveis e a deslizamentos; e áreas que estejam às margens de até 50 metros de corpos hídricos, sujeitas a inundações e/ou doenças de veiculação hídrica. A bacia não apresenta área de manguezal. Para a escolha destes valores, Alves (2013) se baseou nos parâmetros do Novo Código Florestal (BRASIL, 2012). Foi mantido o valor de risco das declividades, mas foi alterado o valor de limite das margens, tornando seu trabalho mais rígido.

Considerou-se que as áreas identificadas como áreas de risco apresentam vulnerabilidade ambiental alta. As áreas restantes apresentam, então, vulnerabilidade ambiental baixa.

3.2.5 Mapa de vulnerabilidade social

Para a avaliação da vulnerabilidade social, foi utilizado o método de Medeiros (2014). Através das variáveis do banco de dados do censo demográfico do IBGE de 2010, foram escolhidos quinze indicadores, apresentando relação direta ou indireta com a vulnerabilidade social. Foram divididos, também, entre 4 dimensões: Habitação e Saneamento, que captam deficiências nos serviços básicos de infraestrutura; Renda, para apreender as condições de distribuição de renda; Educação, a fim de captar situações de precariedade do nível de escolaridade e, por consequência, dificuldades em obter um emprego com maior nível salarial; e, por último, Situação Social, que resgata elementos ligados ao grau de dependência econômica. Os indicadores estão listados no Quadro 3.

Quadro 3 – Indicadores utilizados para o cálculo do IVS (continua).

Relação	Dimensão	Indicador	Descrição
Indireta	Habitação e Saneamento	% de moradores em domicílios próprios	Percentual de moradores residentes em domicílios de propriedade de um ou mais moradores, estando o imóvel integralmente pago ou em processo de aquisição

Fonte: Adaptado de Medeiros (2014).

Quadro 3 – Indicadores utilizados para o cálculo do IVS (continua).

Indireta	Habitação e Saneamento	% de moradores em domicílios ligados a rede geral de água	Refere-se ao percentual de moradores residentes em domicílios ligados a rede geral de água
Indireta		% de moradores em domicílios com existência de banheiro ou sanitário	Consiste no percentual de moradores residentes em domicílios com existência de banheiro ou sanitário
Indireta		% de moradores em domicílios ligados a rede geral de esgoto ou com fossa séptica	Definido pelo percentual de moradores residentes em domicílios ligados a rede geral de esgoto ou com fossa séptica
Indireta		% de moradores em domicílios com lixo coletado por serviço de limpeza	Percentual de moradores residentes em domicílios com serviço de coleta de lixo realizada por serviço de limpeza ou em caçamba
Indireta		% de moradores em domicílios com energia elétrica	Consiste no percentual de moradores residentes em domicílios que possuem energia elétrica
Indireta	Renda	Renda média mensal domiciliar	Corresponde ao valor (em R\$) do rendimento nominal médio mensal domiciliar <i>per capita</i> das pessoas residentes em domicílios particulares com rendimento
Direta		% de domicílios com renda domiciliar <i>per capita</i> inferior a ½ salário mínimo	Consiste no percentual de domicílios com renda domiciliar <i>per capita</i> inferior a ½ do salário mínimo. Esse valor correspondia à R\$ 255,00 em 2010
Direta		Variância da renda média domiciliar	Indicador utilizado para avaliar a desigualdade de renda, medindo a variabilidade do valor (em R\$) do rendimento nominal médio mensal domiciliar <i>per capita</i> das pessoas residentes em domicílios particulares com rendimento
Direta	Educação	% da população com 15 anos ou mais de idade analfabeta	Refere-se ao percentual de pessoas com 15 anos ou mais de idade analfabetas. Segundo o IBGE (2010), um indivíduo é considerado analfabeto caso não saiba ler e escrever pelo menos um bilhete
Direta		% de chefes de domicílios analfabetos	Consiste no percentual de chefes de domicílios analfabetos. O chefe de domicílios é a pessoa reconhecida pelos moradores como responsável pela unidade domiciliar

Fonte: Adaptado de Medeiros (2014).

Quadro 3 – Indicadores utilizados para o cálculo do IVS (continua).

Direta	Situação Social	Média de moradores por domicílio	Média do número de moradores em domicílios particulares permanentes
Direta		Razão de dependência	Consiste no percentual da população menor de 14 anos somada à população maior de 64 anos, dividida pela população em idade ativa (15 a 64)
Direta		% de mulheres chefes de domicílios	Definido pelo percentual de mulheres chefes de domicílios em ausência do cônjuge ou companheiro
Direta		% de agregados à família	Constitui-se no percentual de pessoas agregadas no domicílio em que, não sendo parente, pensionista ou empregado, não pagava hospedagem ou nem contribuía para as despesas

Fonte: Adaptado de Medeiros (2014).

3.2.5.1 Padronização dos indicadores

Com os indicadores, é possível calcular o IVS. Entretanto, estão em valores diferentes. Alguns estão em porcentagem, outros em valor monetário (R\$) ou são médias/razões. É necessário, portanto, fazer uma padronização destes valores, considerando valores de 0 (menor vulnerabilidade) a 1 (maior vulnerabilidade). Foram utilizadas as Equações (1) e (2):

$$I_{ps} = \frac{I_s - I_{min}}{I_{max} - I_{min}} \quad (1)$$

$$I_{ps} = \frac{I_s - I_{max}}{I_{min} - I_{max}} \quad (2)$$

Onde a variável I_{ps} corresponde ao valor padronizado do indicador (I) no setor censitário (s). I_s equivale ao valor original do indicador (I) no setor censitário (s), e I_{max} e I_{min} são, respectivamente, os valor máximo e mínimo do indicador (I) dentro o universo de setores censitários.

Para os indicadores com relação direta com a vulnerabilidade (quanto menor o valor do indicador, mais baixa a vulnerabilidade), foi utilizada a Equação (1). Já para os indicadores

com relação indireta com a vulnerabilidade (quanto menor o indicador, maior a vulnerabilidade), foi utilizada a Equação (2).

3.2.5.2 Cálculo do IVS

Após a padronização dos indicadores, é possível calcular o IVS a partir da Equação (3). Vale ressaltar que a vulnerabilidade social é maior para valores mais próximos de 1.

$$IVS_s = \frac{\sum_{i=1}^n I_{ps}}{n} \quad (3)$$

Onde IVS_s equivale ao Índice de Vulnerabilidade Social no setor censitário (s) e a variável n corresponde ao total de indicadores selecionados.

3.2.5.3 Classificação da vulnerabilidade social

Com os valores do IVS_s devidamente calculados, foi feita a classificação da vulnerabilidade social para cada setor censitário. A classificação está resumida na Tabela 1, onde σ^2 representa o desvio padrão do IVS e M representa a média do IVS.

Tabela 1 – Classificação da vulnerabilidade social

Classe	Descrição	Intervalo
1	Alta vulnerabilidade	$IVS_s > M + \sigma^2$
2	Média-alta vulnerabilidade	$M + \sigma^2 \geq IVS_s > M$
3	Média-baixa vulnerabilidade	$M \geq IVS_s > M - \sigma^2$
4	Baixa vulnerabilidade	$M - \sigma^2 \geq IVS_s$

Fonte: Adaptado de Medeiros (2014)

Todo este processo, desde a padronização dos indicadores até a classificação da vulnerabilidade de cada setor censitário, foi feito em planilha do Excel. Os resultados obtidos foram adicionados à tabela de atributos no ArcGIS para a geração do mapa de vulnerabilidade social. Esse mesmo processo também foi utilizado pelo IPECE (2010) e por Cutter (2011) no cálculo do índice de vulnerabilidade social americano para estados e distritos.

3.2.6 Mapa de vulnerabilidade socioambiental

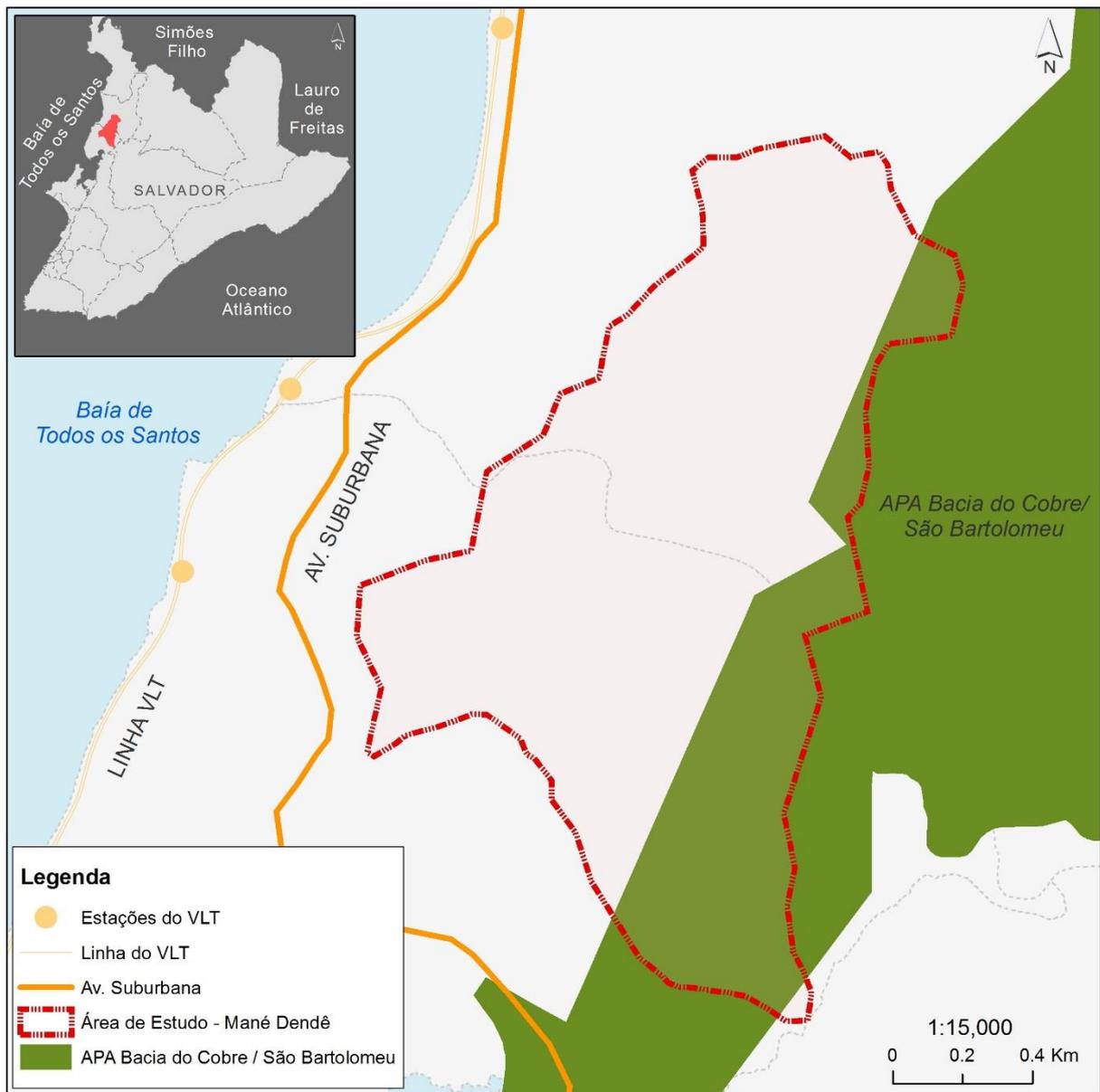
Para a confecção do mapa de vulnerabilidade socioambiental, Medeiros (2014) utiliza a técnica de sobreposição de camadas. Dessa forma, é possível representar as duas vulnerabilidades (social e ambiental) e ainda onde elas ocorrem espacialmente, podendo identificar os espaços onde se sobrepõem vulnerabilidades ambiental e social altas.

4 CARACTERIZAÇÃO DA BACIA DO RIO MANÉ DENDÊ

4.1 Localização

A bacia hidrográfica do rio Mané Dendê está localizada na cidade de Salvador – BA, na região conhecida como Subúrbio Ferroviário. Encontra-se na localização geográfica $12^{\circ}52'58,2''S$ $38^{\circ}28'28,1''W$ e possui 2,11 km² de área. A figura 8 a seguir mostra a localização da bacia no município de Salvador, destacando sua forma e a área do seu entorno.

Figura 8 – Mapa de localização da bacia do Mané Dendê



Fonte: Elaborado pela autora

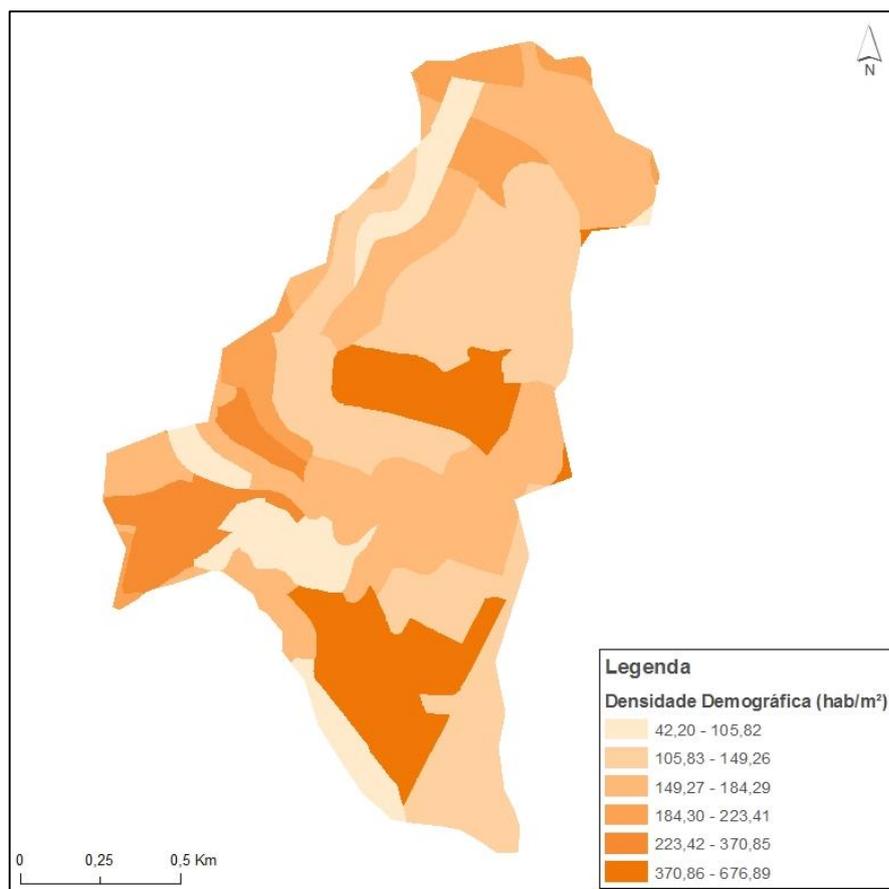
4.2. Justificativa

A bacia do Mané Dendê foi escolhida em função de apresentar uma grande concentração de ocupação em áreas de risco como encostas, vulneráveis aos deslizamentos, e margens de rios, vulneráveis à poluição antrópica. A população assentada nessas condições é, em sua grande maioria, de baixa renda e apresenta várias características socioeconômicas que apontam para uma provável situação de vulnerabilidade social. Por apresentar essas problemáticas, a bacia do Mané Dendê está inserida em áreas que vêm chamando a atenção dos órgãos públicos para novos investimentos associados à política urbana, que visam melhorar a qualidade de vida dos moradores e requalificar importantes áreas de preservação do ambiental.

4.3 Caracterização geral

A bacia do Mané Dendê está inserida na Região Administrativa do Subúrbio Ferroviário de Salvador - BA. O Subúrbio envolve vinte e dois bairros, onde residem 24,55% da população de Salvador, correspondendo a cerca de 700 mil habitantes. A expansão populacional no Subúrbio se deu com a implantação da ferrovia e construção da Avenida Afrânio Peixoto (também conhecida como Suburbana), atraindo indústria e comércio. A ocupação ocorreu de maneira desordenada, definindo o Subúrbio como um polo de concentração de população baixa renda e infraestrutura precária (QUANTA, 2015). Conseqüentemente, a área do Mané Dendê, assim como toda a região do Subúrbio Ferroviário, apresenta grande adensamento populacional, com setores chegando a mais de 600hab/m², conforme pode ser analisado na Figura 9. Os intervalos foram definidos pelo método de quebras naturais.

Figura 9 – Mapa da densidade populacional na bacia do Mané Dendê por setor censitário



Fonte: Elaborado pela autora.

O rio Mané Dendê é um importante afluente do rio do Cobre, e sua bacia hidrográfica está dentro da bacia do Cobre. Em 2001, por meio do Decreto n° 7.970, o Governo do Estado da Bahia criou a Área de Proteção Ambiental (APA) Bacia do Cobre / São Bartolomeu, com os objetivos de assegurar a qualidade da água da Represa do Cobre, que faz parte do sistema de abastecimento humano da capital baiana, disciplinar o uso do solo, e preservar e recuperar os ecossistemas de matas ciliares no entorno do espelho d'água (BAHIA, 2001). Além disso, a região apresenta uma considerável área de cobertura vegetal remanescente da Mata Atlântica, sendo a maior área remanescente de Mata Atlântica em zona urbana do país (SANTOS *et al.*, 2010). A Figura 10 a seguir mostra a cerca de proteção do Parque São Bartolomeu, separando a área urbanizada da área verde.

Figura 10 – Cerca de proteção do Parque São Bartolomeu, 21/04/2015



Fonte: Cedida pela empresa Quanta Consultoria Ltda.

O adensamento populacional na bacia do Mané Dendê, adicionado à falta de infraestrutura urbana, já está causando consequências ambientais aos corpos hídricos da área. Santos *et al.* (2010) apresenta resultados de análises de qualidade da água ao longo da bacia do Cobre, contando com sete estações de coleta em localizações variadas. A estação mais próxima do rio mané dendê apresentou valores considerados negativos do ponto de vista ambiental: valores muito elevados de Coliformes Termotolerantes (CT) nas estações secas, baixo nível de oxigênio dissolvido (OD) e elevados níveis de nitrogênio e fósforo total nas estações secas, resultando em um IQA classificado como ruim. A Tabela 2 resume os resultados obtidos na análise de Santos *et al.* (2010) e os níveis recomendados pelo CONAMA para águas doces classe 2 - águas que podem ser destinadas ao abastecimento humano após tratamento, à proteção das comunidades aquáticas e à recreação de contato primário (BRASIL, 2005).

Tabela 2 – Parâmetros e valores da qualidade de água da bacia do Cobre, próximo ao rio Mané Dendê.

	CT (CT/100mL)	OD (mg/L O ₂)	DBO (mg/L O ₂)	Nitrogênio (mg/L N)	Fósforo (mg/L P)
Parâmetro CONAMA	< 1000	> 5	< 5	< 3,7	< 0,050
Período Seco	1x10 ⁵	1	25	25	0,800
Período Chuvoso	3x10 ⁵	4	10	8	0,750

Fonte: Adaptado de Santos *et al.* (2010).

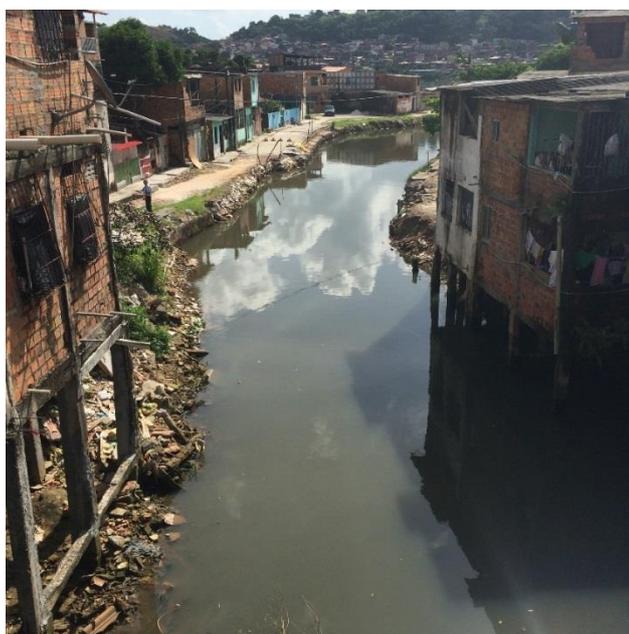
As Figuras 11, 12 e 13 apresentam a situação dos corpos hídricos canalizados dentro das limitações da bacia do Mané Dendê.

Figura 11 – Corpo hídrico canalizado, 08/07/2015



Fonte: Cedida pela empresa Quanta Consultoria Ltda. É possível observar a presença de resíduos sólidos indevidamente descartados no canal.

Figura 12 – Invasão de residências no próprio leito do rio, 15/05/2013



Fonte: Cedida pela empresa Quanta Consultoria Ltda.

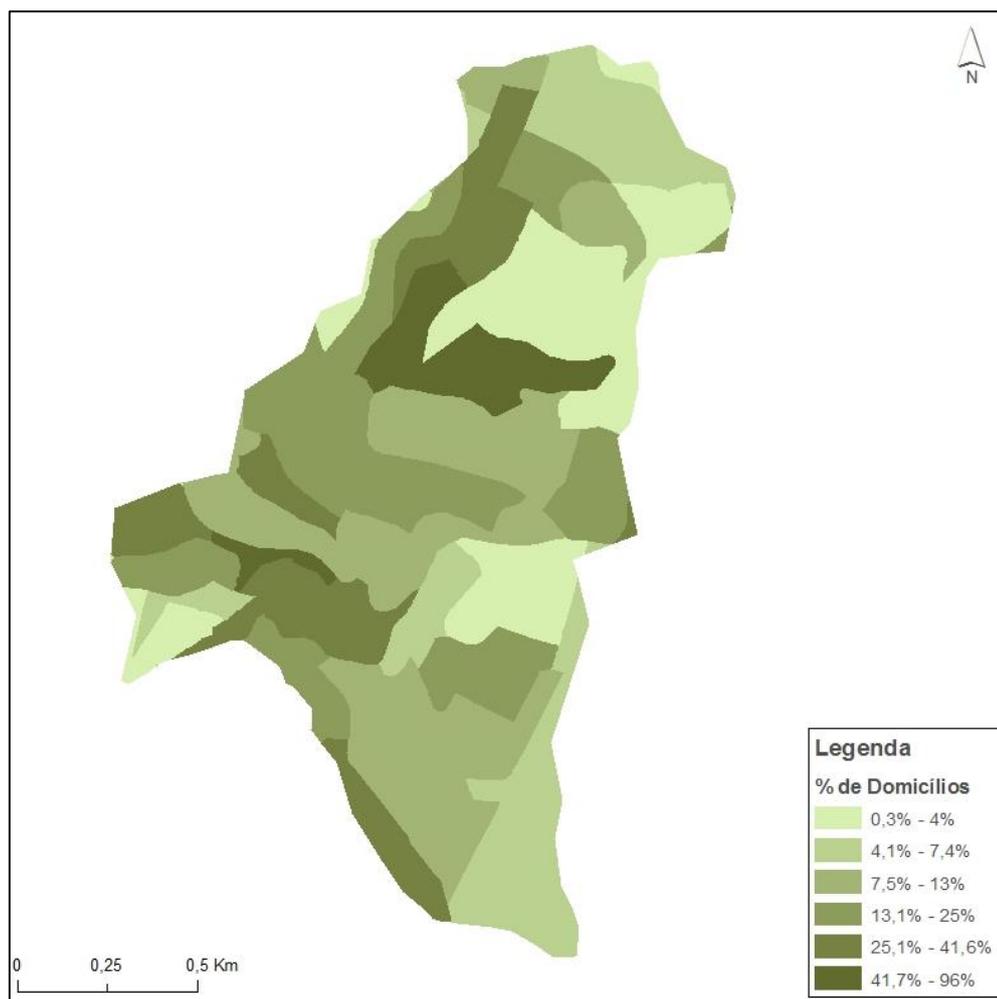
Figura 13 – Corpo hídrico canalizado e ocupação inapropriada, 15/05/2013



Fonte: Cedida pela empresa Quanta Consultoria Ltda. Os residentes estão bastante vulneráveis aos impactos de uma inundação.

Estas não conformidades estão diretamente relacionadas com a ocupação inapropriada das margens dos corpos hídricos e à falta de infraestrutura urbana na bacia, que podem ser vistas claramente nas figuras acima. A Figura 14 apresenta o percentual de domicílios que não estão ligados a uma rede coletora de esgoto ou pluvial e, portanto, dão uma destinação alternativa aos seus esgotos gerados. Em alguns setores, a porcentagem passa de 40%, podendo chegar até 96%.

Figura 14 – Mapa com o % de domicílios com destinação alternativa dos esgotos



Fonte: Elaborado pela autora.

Além das ocupações inapropriadas das margens dos corpos hídricos, também foram registradas ocupações em encostas, como a da Figura 15. Também, a Figura 16 mostra como o relevo da região é irregular.

Figura 15 – Ocupação em área de grande declividade, 21/04/2015



Fonte: Cedida pela empresa Quanta Consultoria Ltda.

Figura 16 – Relevo irregular, 21/05/2015



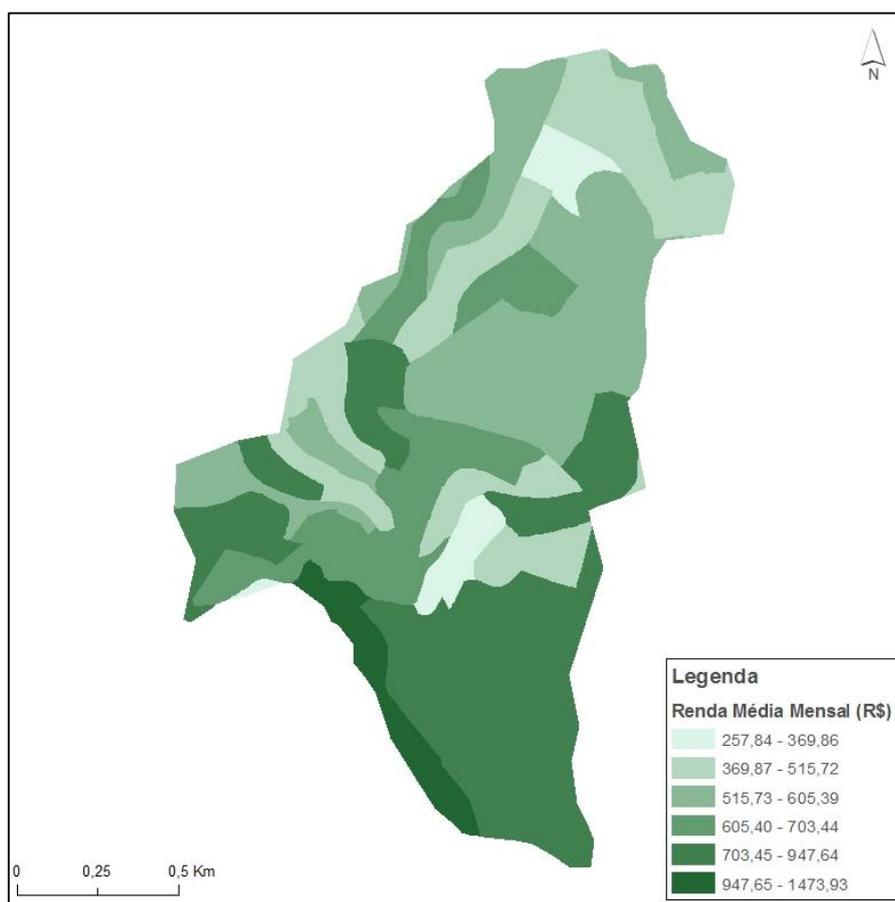
Fonte: Cedida pela empresa Quanta Consultoria Ltda.

Devido problemáticas, existem investimentos na região, como o programa Bahia Azul, por exemplo, que contempla obras de saneamento básico de áreas próximas à Baía de Todos os Santos (PEREIRA *et al.*, 2001), que é o caso do Subúrbio Ferroviário e, conseqüentemente, da bacia do Mané Dendê. Outro exemplo é o Projeto de Requalificação Urbana e Ambiental da Bacia do Cobre, que visa a aplicação de intervenções urbanas em áreas prioritárias da bacia, contribuindo também para a recuperação de áreas degradadas, resultando na redução de riscos causados por desastres naturais. Uma das áreas prioritárias compreende os limites da bacia do Mané Dendê, tendo como objetivo a urbanização de assentamentos precários (QUANTA, 2015).

4.3.1 Indicadores socioeconômicos

A Figura 17 exibe a renda média mensal de chefe de família por setor censitário. Considerando que o mapa foi elaborado através de dados do Censo Demográfico 2010, o salário mínimo da época equivalia a R\$510,00. Portanto, tem-se que a média máxima na região não chega a três salários mínimos mensais. Em termos de vulnerabilidade social, a renda está diretamente ligada ao potencial de resiliência de uma população atingida por um desastre natural. Populações com baixa renda se tornam mais vulneráveis por possuírem poucas condições financeiras de recuperar, por si só, suas perdas materiais.

Figura 17 – Mapa da renda média mensal de chefe de família por setor censitário



Fonte: Elaborado pela autora.

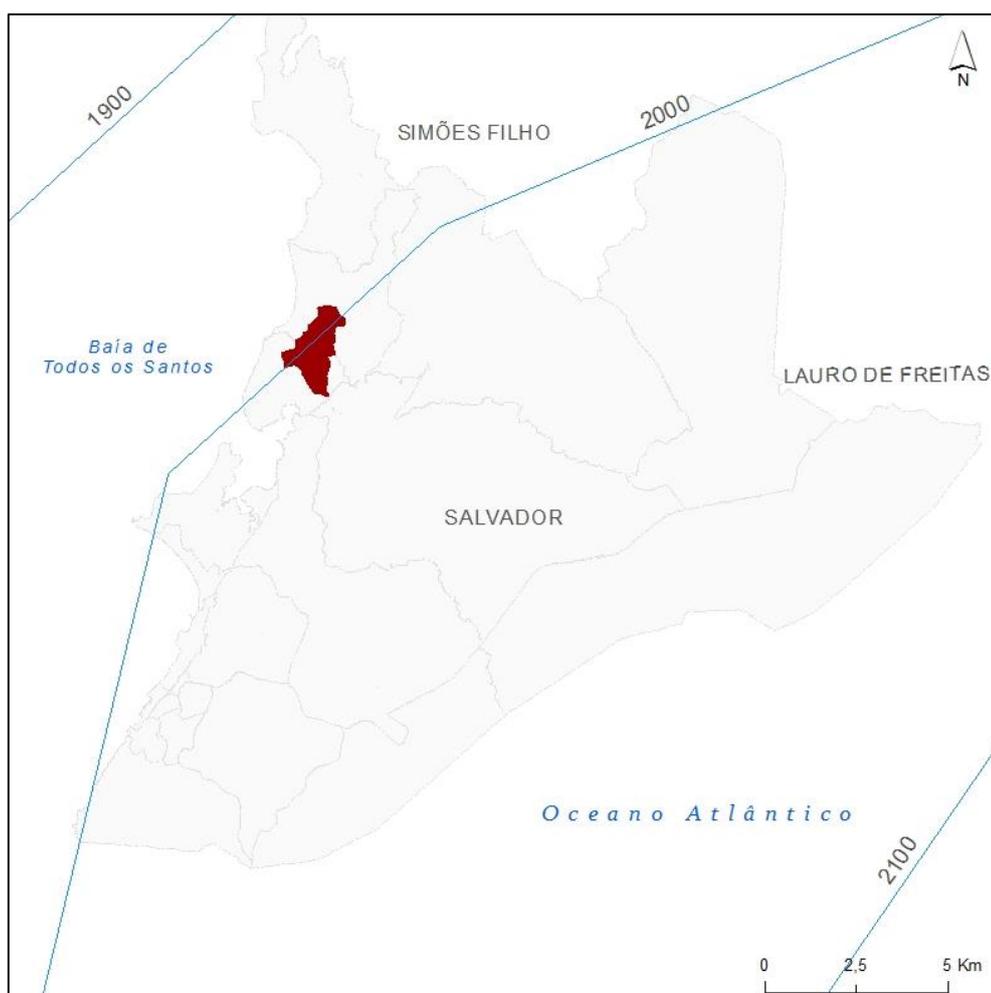
Além da grande importância ambiental, a região da bacia do Mané Dendê é de extrema importância histórica, cultural e religiosa, abrigando um grande número de terreiros religiosos. A APA Bacia do Cobre / São Bartolomeu foi palco de lutas históricas como as batalhas do Cabrito e Pirajá e Sabinada, além de ter sido abrigo de diversos quilombos. O

Parque de São Bartolomeu, dentro da APA, é um santuário de rituais seculares e, também, a maior referência dos cultos afro-brasileiros do país (QUANTA, 2015).

4.3.2 Clima e hidrografia

A cidade de Salvador, de acordo com a tipologia climática de Köppen, é classificada como clima Af, ou seja: clima tropical chuvoso de floresta sem estação seca, pluviosidade média mensal superior a 60mm e anual superior a 1500mm; temperatura do mês mais frio acima de 18°C, com verões longos e quentes e temperatura média do mês mais quente acima de 22°C (SEI, 2014). A Figura 18 mostra a precipitação anual média na cidade de Salvador, onde a área da bacia do Mané Dendê se destaca com uma média de 2000mm/ano.

Figura 18 – Mapa da precipitação anual média em Salvador e na bacia do Mané Dendê



Fonte: Elaborado pela autora.

A Figura 19 mostra a média mensal de umidade relativa em Salvador, variando entre 70% e 80% durante o ano, apresentando novembro como o mês mais seco e junho como o mês mais úmido.

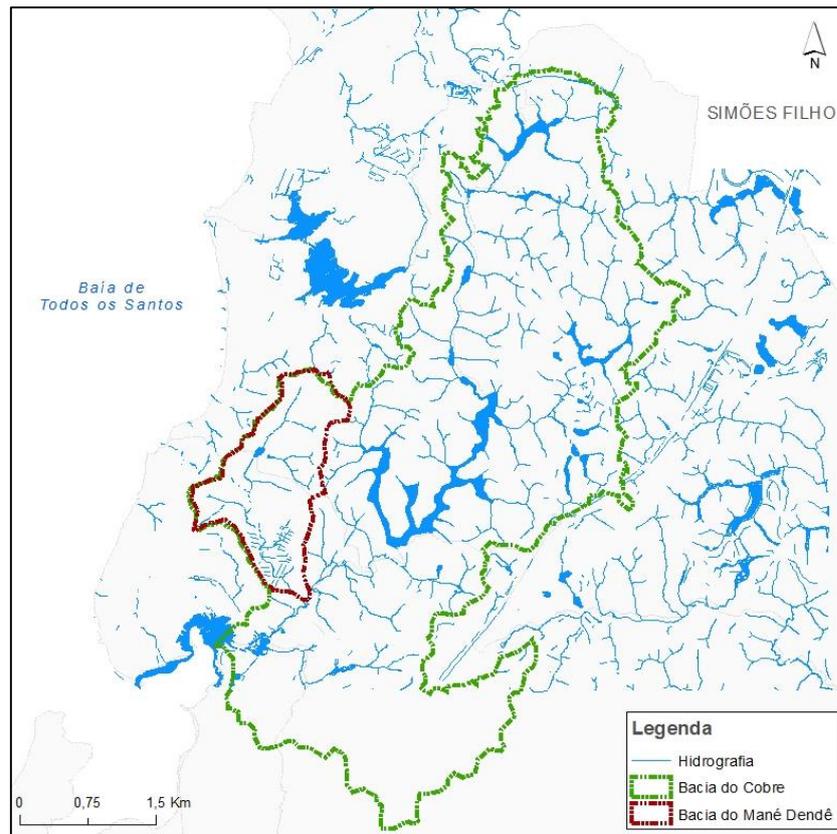
Figura 19 – Gráfico de umidade relativa do ar máxima, mínima e média mensal em Salvador



Fonte: UFSC [20--].

A Figura 20 representa a hidrografia da bacia do Mané Dendê e como ela está inserida na bacia do Cobre.

Figura 20 – Mapa da hidrografia da bacia do Mané Dendê e da bacia do Cobre

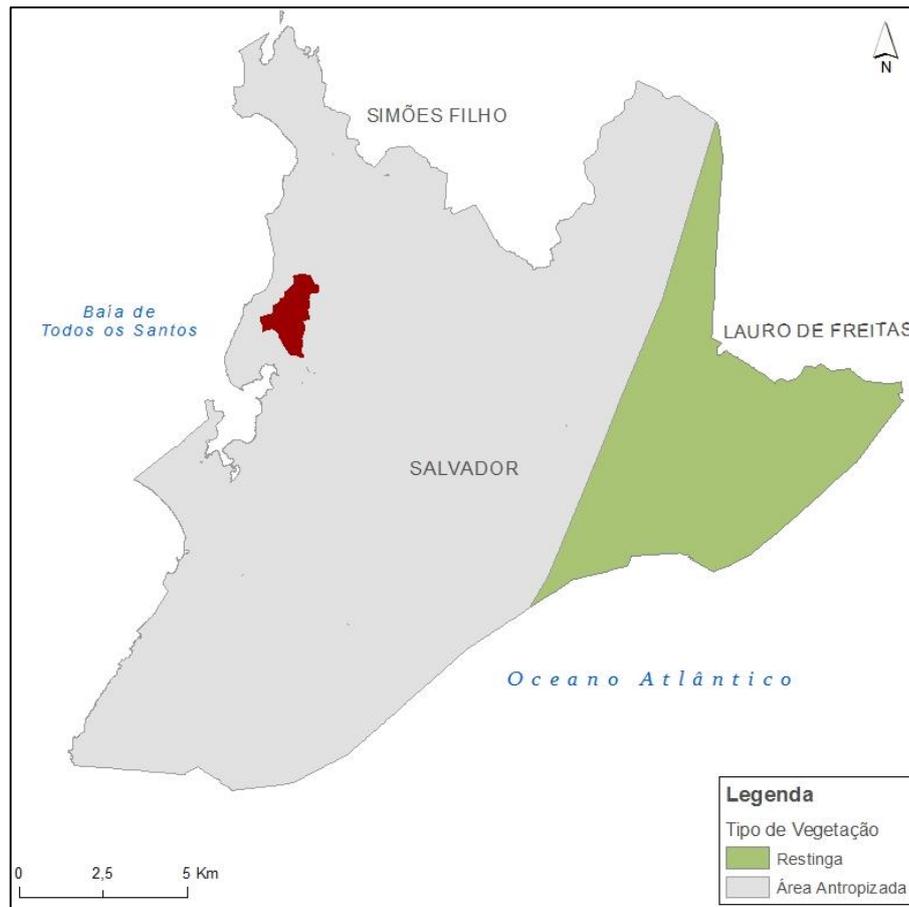


Fonte: Elaborado pela autora.

4.3.3 Vegetação

A Figura 21 indica que a cidade de Salvador apresenta apenas duas variações principais de vegetação: restingas e área antropizada, onde se encontra a bacia do Mané Dendê. As áreas antropizadas são aquelas cujas características originais – solo, relevo, vegetação e regime hídrico – foram alteradas em função de atividade antrópica (CEMAC [20--]).

Figura 21 – Mapa dos tipos de vegetação em Salvador

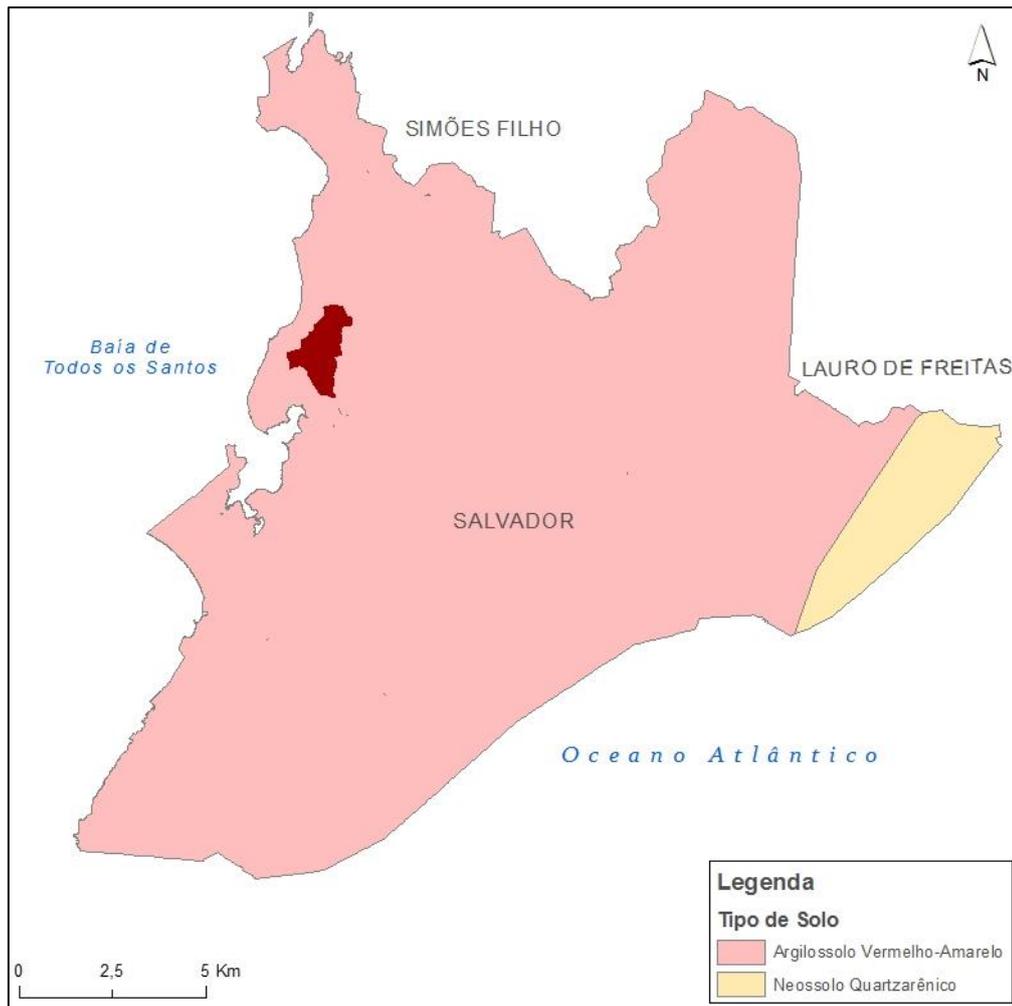


Fonte: Elaborado pela autora.

4.3.4 Pedologia e geologia

A Figura 22 mostra a tipologia de solo da cidade de Salvador. A bacia do Mané Dendê está inserida na zona de argilossolo vermelho-amarelo, também representado pela sigla PVA. Este solo constitui a classe mais extensa do país, estando presente em diversas áreas do seu território. Muitas vezes são considerados solos de baixa fertilidade, além de serem susceptíveis à erosão (SANTOS; ZARONI; ALMEIDA. [20--]).

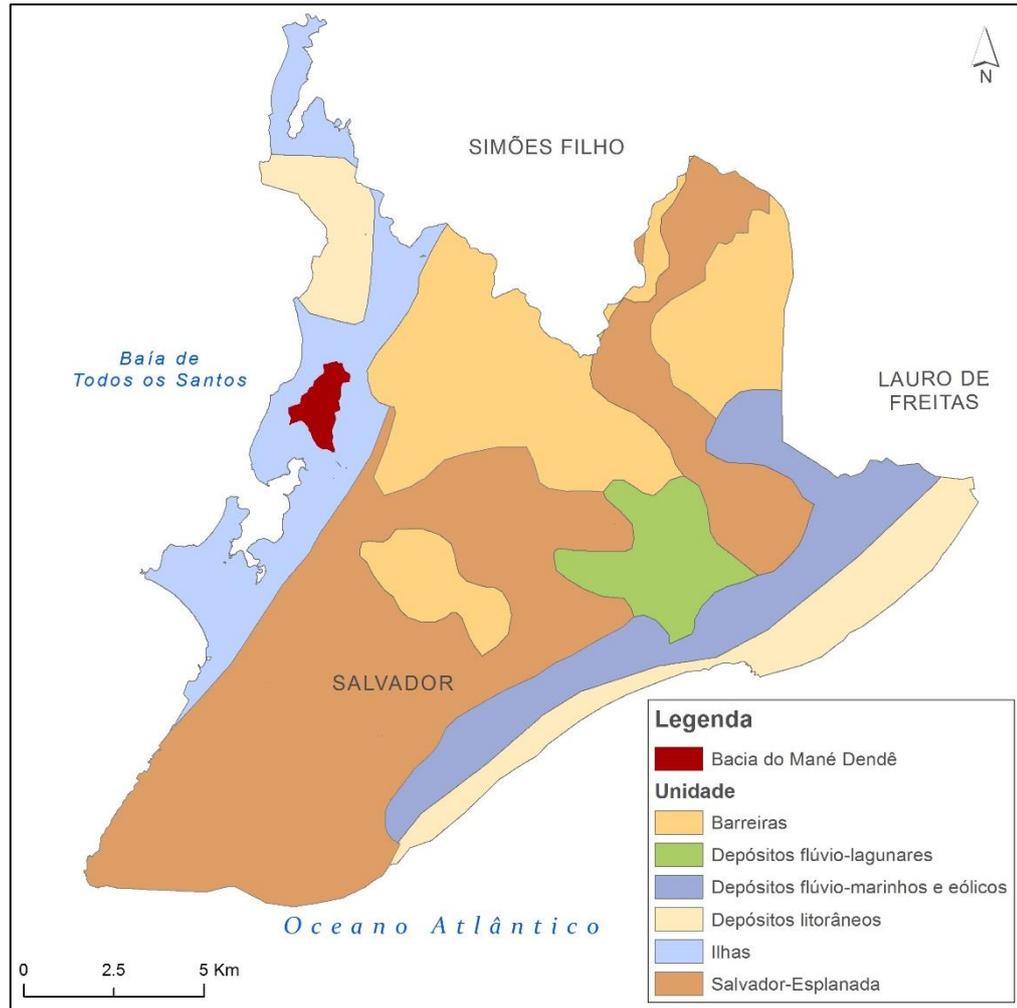
Figura 22 – Mapa dos tipos de solo em Salvador



Fonte: Elaborado pela autora

A Figura 23 apresenta as unidades geológicas do município de Salvador. Foi observado que a área de estudo está, em sua totalidade, inserida numa região de rochas sedimentares. Estas rochas são formadas a partir da desintegração de rochas pré-existentes devido aos efeitos do intemperismo e, por não apresentar grande resistência a este processo, podem ser mais susceptíveis aos deslizamentos de massa (CANAVESI *et al.*, 2013).

Figura 23 – Mapa de unidades geológicas de Salvador



Fonte: Elaborado pela autora.

5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 Considerações iniciais

A ideia principal desta pesquisa é apresentar uma metodologia de identificação espacial de vulnerabilidade socioambiental utilizando ferramentas de geoprocessamento. Localizar áreas ambientalmente vulneráveis (ou seja, áreas de risco) e identificar a população socialmente vulnerável é o primeiro passo para adotar medidas preventivas a fim de reduzir os impactos diante de desastres naturais. Estas medidas podem ser, por exemplo, o reassentamento da população, recuperação de margens, muros de contenção de encostas, e outras.

5.2 Vulnerabilidade ambiental

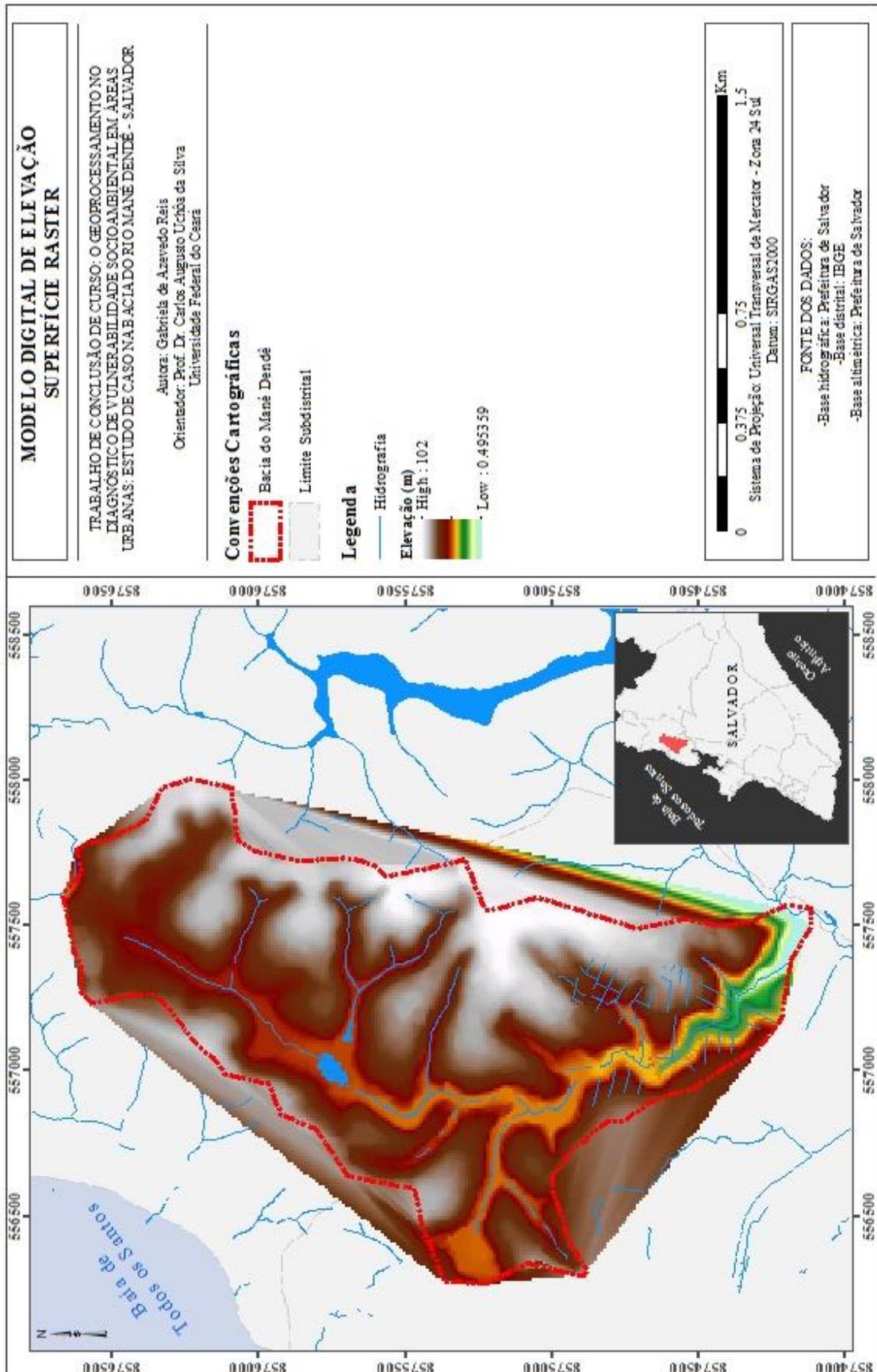
A avaliação da vulnerabilidade ambiental presente na área de estudo se deu pela identificação das áreas com potencial de risco de deslizamento de terra e/ou inundação.

5.2.1 Deslizamento de terra

A suscetibilidade de deslizamento de terra foi avaliada de acordo com o grau de declividade do terreno estudado. Para chegar a este resultado, foi necessário gerar um modelo digital de elevação da área de estudo e, então, um mapa de declividade.

O MDE, em estrutura matricial, está ilustrado na Figura 24. Pode-se perceber que grande parte da bacia apresenta altitudes consideravelmente elevadas para uma área que é bastante próxima do litoral. As variações de altitude são comprovadas pela Figura 16, ilustrada no Capítulo 4, que mostra como o relevo local é irregular.

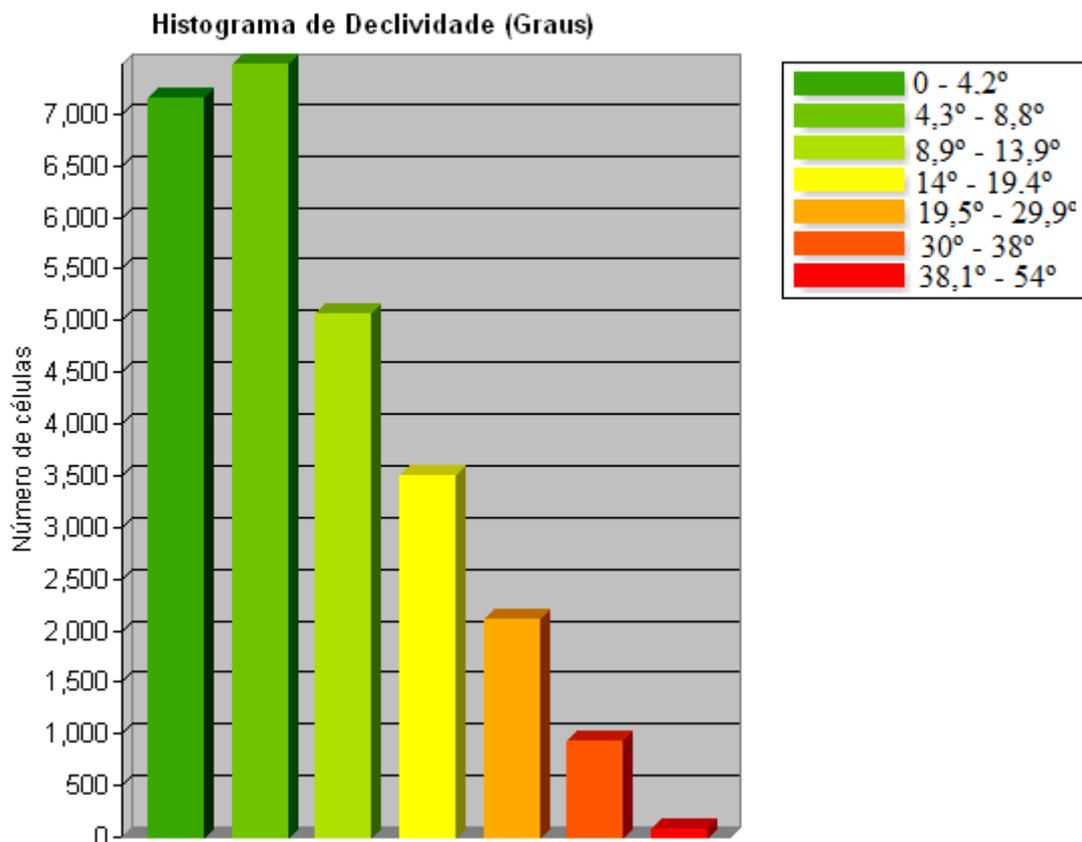
Figura 24 – Modelo Digital de Elevação da bacia do Mané Dendê



Fonte: Elaborado pela autora.

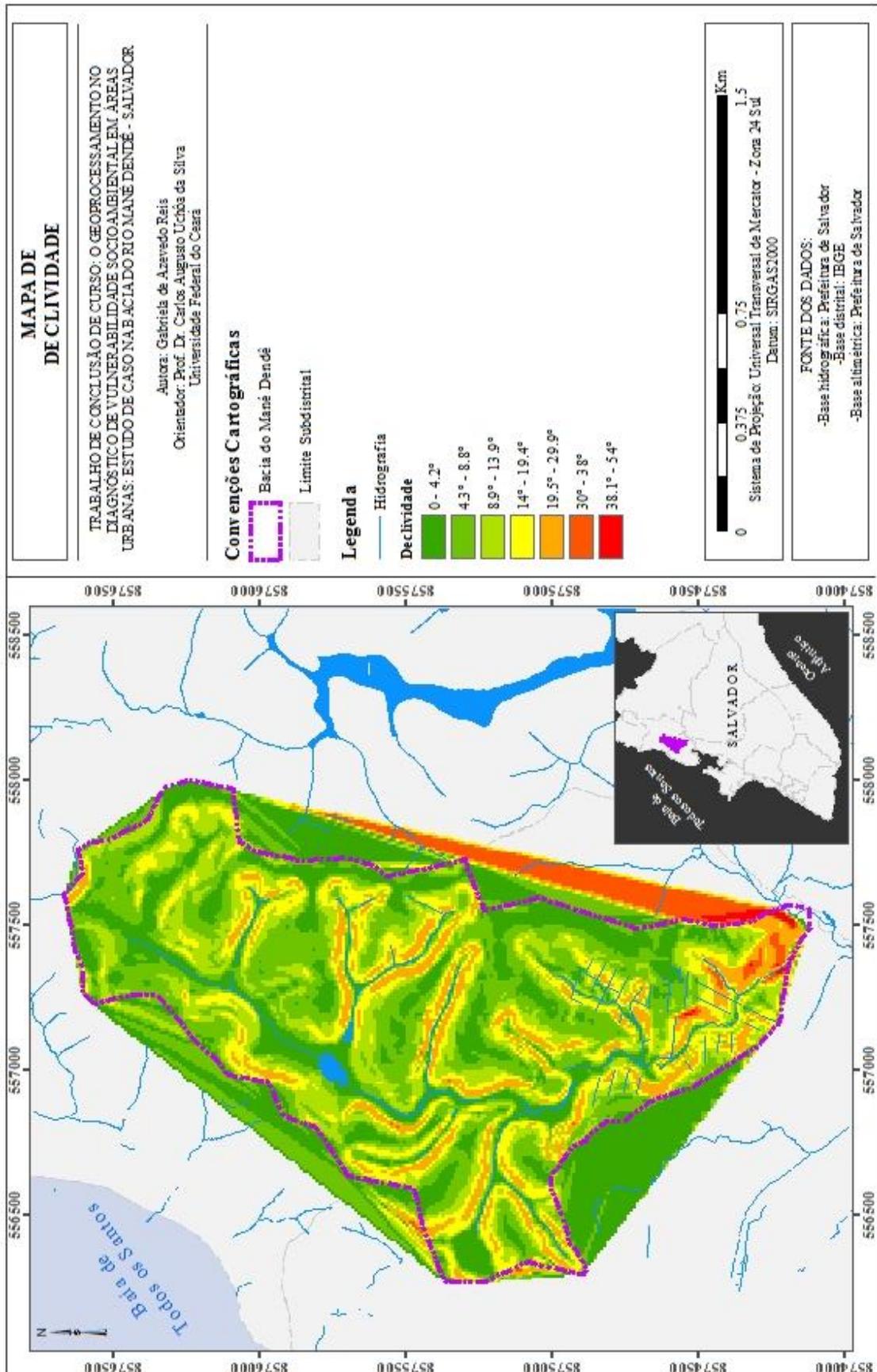
Após o MDE, gerou-se o mapa de declividade (Figura 26), que possibilita identificar as áreas de risco de deslizamento de terra (com declividade maior ou igual a 30°). Apesar das elevadas altitudes, a bacia não apresenta elevados graus de declividade, concentrando seus valores entre 0° e 14°, como mostra a Figura 25 e especialmente nos trechos próximos aos corpos hídricos. Apesar de bairros do Subúrbio Ferroviário terem registrado deslizamentos de terra ainda no início deste ano, incluindo no curso da avenida Suburbana (DEFESA, 2015; R7, 2015; G1, 2015), a bacia do Mané Dendê apresenta uma área de risco de deslizamento de terra mínima, como pode ser visto na Figura 27. A área de risco de deslizamento de terra na bacia do Mané Dendê representa uma parcela ínfima da área total da bacia, equivalente a apenas 1% (0,022 km²) da área total (2,11 km²).

Figura 25 – Histograma dos intervalos de declividade da bacia do Mané Dendê



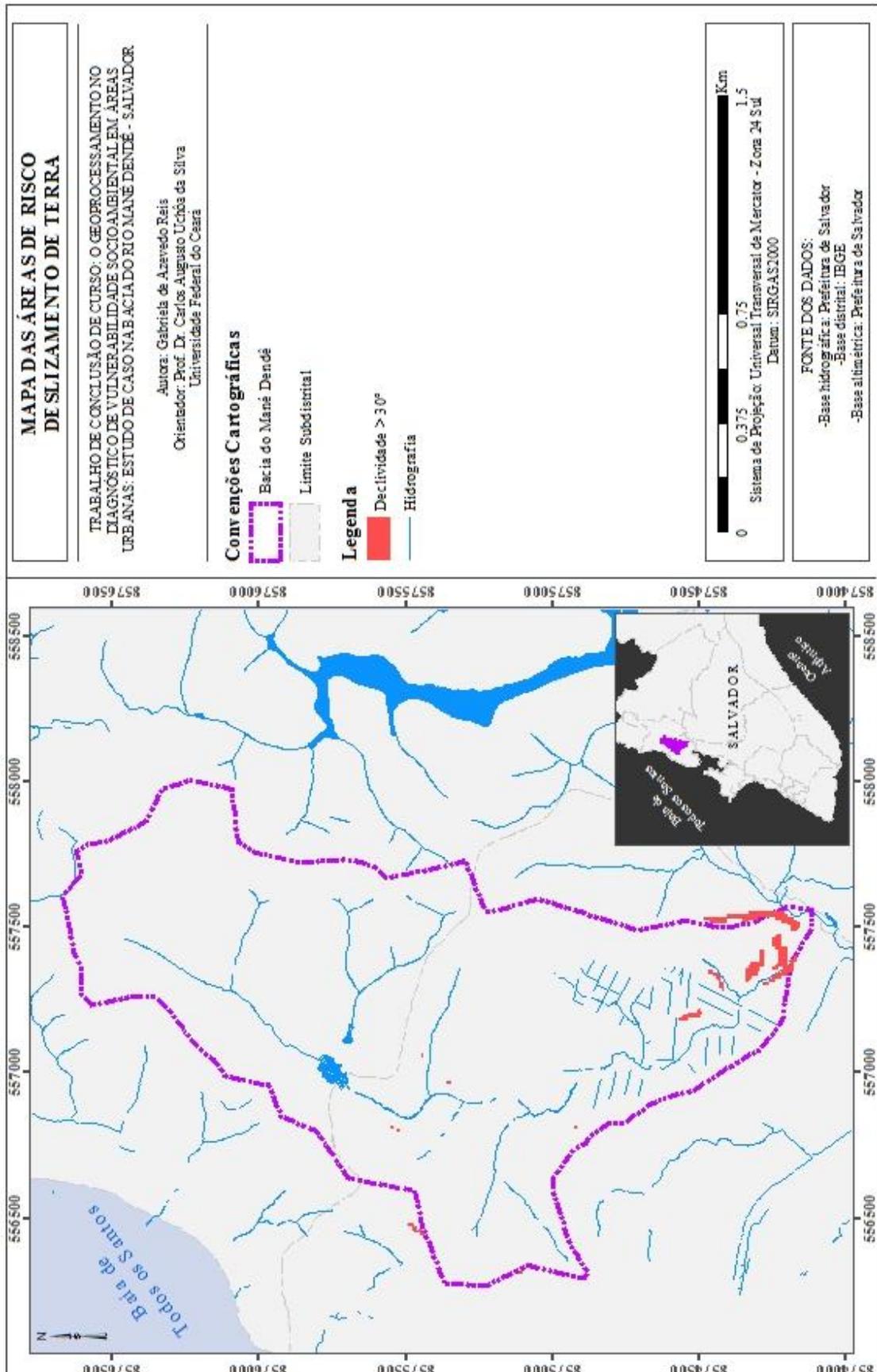
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 26 – Mapa de declividade da bacia do Mané Dendê



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 27 – Mapa das áreas de risco de deslizamento de terra

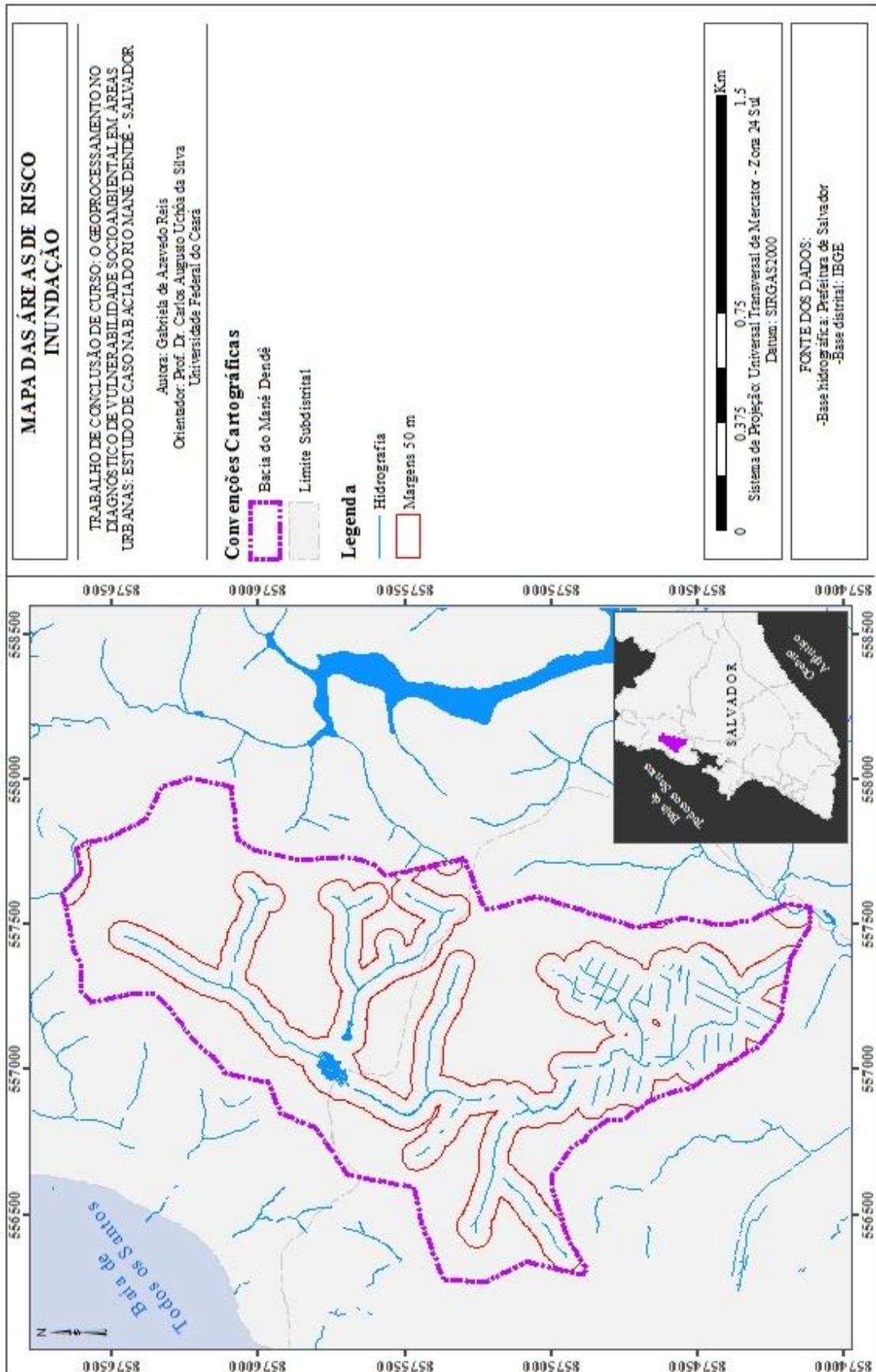


Considerando os desastres noticiados nas proximidades da bacia do Mané Dendê, o modelo de Alves (2013) pode não ser suficiente para determinar a suscetibilidade de deslizamentos de terra por não considerar fatores além da declividade do terreno. Por exemplo, Silveira, Vettorazzi e Valente (2014) realizaram uma avaliação multicriterial para mapear a suscetibilidade de deslizamento de terra e levaram em consideração o substrato geológico, solos, declividade do terreno, uso e cobertura do solo e a precipitação. Seria apropriado, portanto, um estudo mais aprofundado acerca dos riscos de deslizamento de terra, considerando aspectos como tipo de solo e erodibilidade, de modo a garantir a segurança dos resultados obtidos. Além disso, distúrbios antrópicos podem modificar a paisagem e o relevo, como a via e a residência apresentadas na Figura 15, no Capítulo 4, o fizeram. Essas mudanças nem sempre são representadas nas curvas de níveis fornecidas por bases altimétricas, uma vez que a precisão das bases, muitas vezes, não captura tais detalhes. Por este motivo, esses declives pontuais e acentuados não são representados cartograficamente e, conseqüentemente, não são inseridos no mapeamento das áreas de risco de deslizamento de terra a partir da declividade.

5.2.2 Inundação

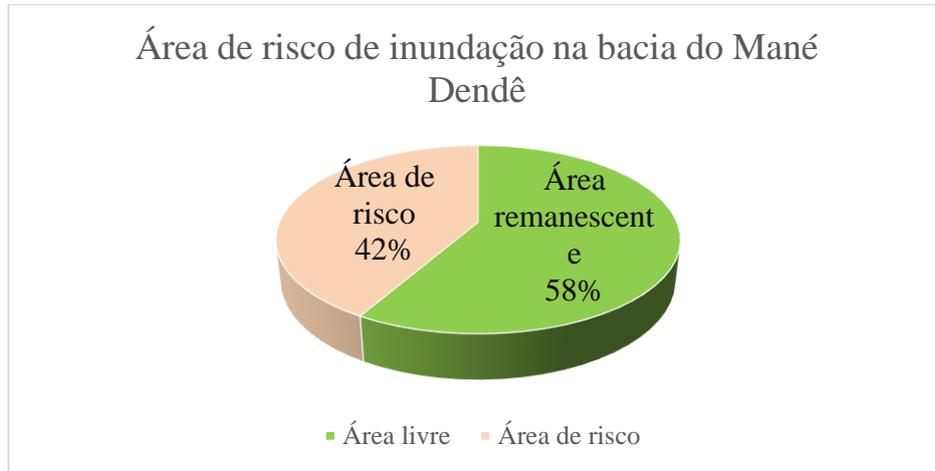
As áreas de risco de inundação foram determinadas a partir da proximidade dos corpos hídricos. O modelo de Alves (2013) definiu um intervalo de 50 metros de margem dos rios como área de risco de inundação. O resultado, exibido na Figura 28, indica uma considerável área da bacia com risco de inundação, equivalente a 0,88 km², que, como pode ser visto na Figura 29, equivale a 42% da área total. Esse alto valor representa o resultado que já era esperado levando em conta a grande presença de corpos hídricos na área de estudo.

Figura 28 – Mapa das áreas de risco de inundação



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 29 – Gráfico representativo das áreas de risco de inundação na bacia do Mané Dendê

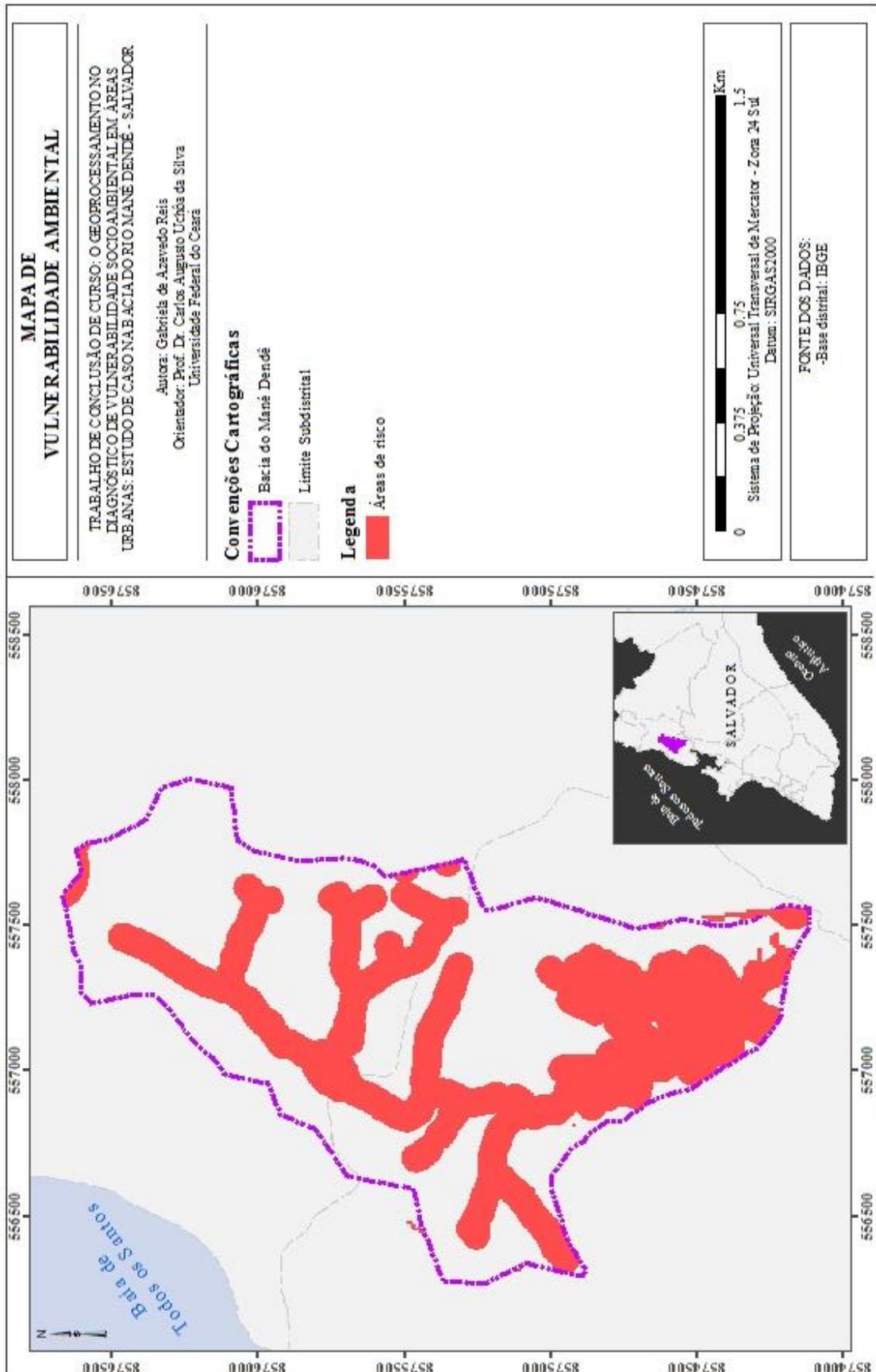


Fonte: Elaborado pela autora.

5.2.3 Mapa de vulnerabilidade ambiental

O mapa de vulnerabilidade ambiental (Figura 30) uniu as áreas de risco de deslizamento de terra e de inundação, mostrando gráfica e espacialmente quais áreas são inaptas à ocupação antrópica por serem ambientalmente vulneráveis, oferecendo risco à população que reside.

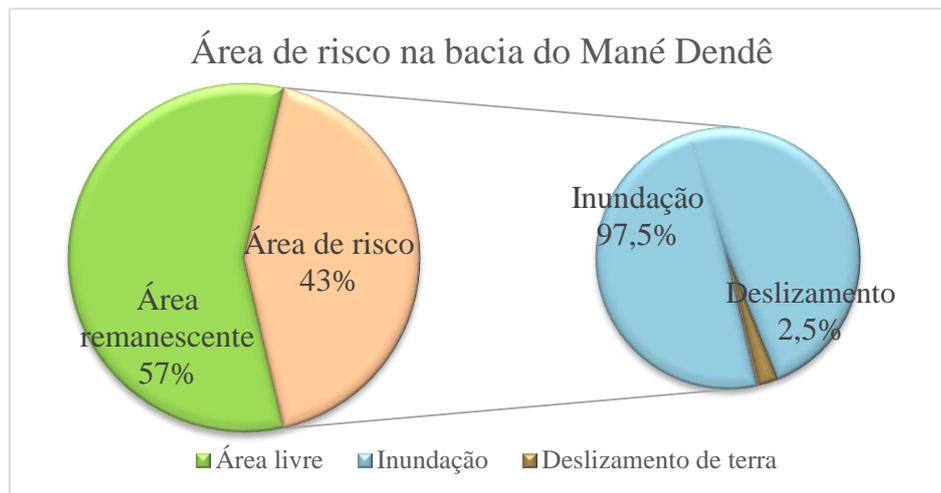
Figura 30 – Mapa de vulnerabilidade ambiental



Fonte: Elaborado pela autora.

A Figura 31 indica que 43% da área total é área de risco, sendo imprópria para ocupação. Dessa área de risco, 97,5% é atribuído ao risco de inundação. As Figuras 11, 12 e 13, exibidas no capítulo anterior, mostram a ocupação de residências nas margens dos rios, tornando-as extremamente vulneráveis ao aumento do nível de água dos rios.

Figura 31 – Gráfico das áreas de risco na bacia do Mané Dendê



Fonte: Elaborado pela autora.

5.3 Vulnerabilidade social

Os valores do IVS obtidos estão apresentados na Tabela 3, organizados de acordo com a identificação por setor censitário (definida automaticamente na conversão de dado tabular para vetorial através do PostGIS), o valor do IVS calculado e a classe de vulnerabilidade. O desvio padrão encontrado para a amostra foi de 0,046118 e a média foi de 0,297899.

Tabela 3 – Valores do IVS e classificação da vulnerabilidade social por setor censitário (continua).

Identificação	IVS	Classe
52638	0.30963	2
52640	0.32435	2
52641	0.31896	2
52642	0.27526	3
52643	0.32439	2

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 3 – Valores do IVS e classificação da vulnerabilidade social por setor censitário

(continua).

52644	0.26742	3
52645	0.26995	3
52646	0.25339	3
52647	0.25713	3
52648	0.34830	1
52650	0.25211	3
52657	0.36275	1
52675	0.32171	2
52676	0.32432	2
52691	0.26238	3
52692	0.31390	2
52696	0.29623	3
52705	0.26237	3
52706	0.29960	2
52708	0.29166	3
52709	0.28746	3
52711	0.29611	3
52712	0.30442	2
52724	0.29449	3
52725	0.31929	2
52727	0.33490	2
52728	0.27016	3
53056	0.26732	3
53257	0.29364	3
53258	0.37756	1
53259	0.29368	3
53261	0.26089	3
53262	0.31856	2
53263	0.29292	3
53264	0.38024	1
53265	0.34135	2

Fonte: Elaborado pela autora.

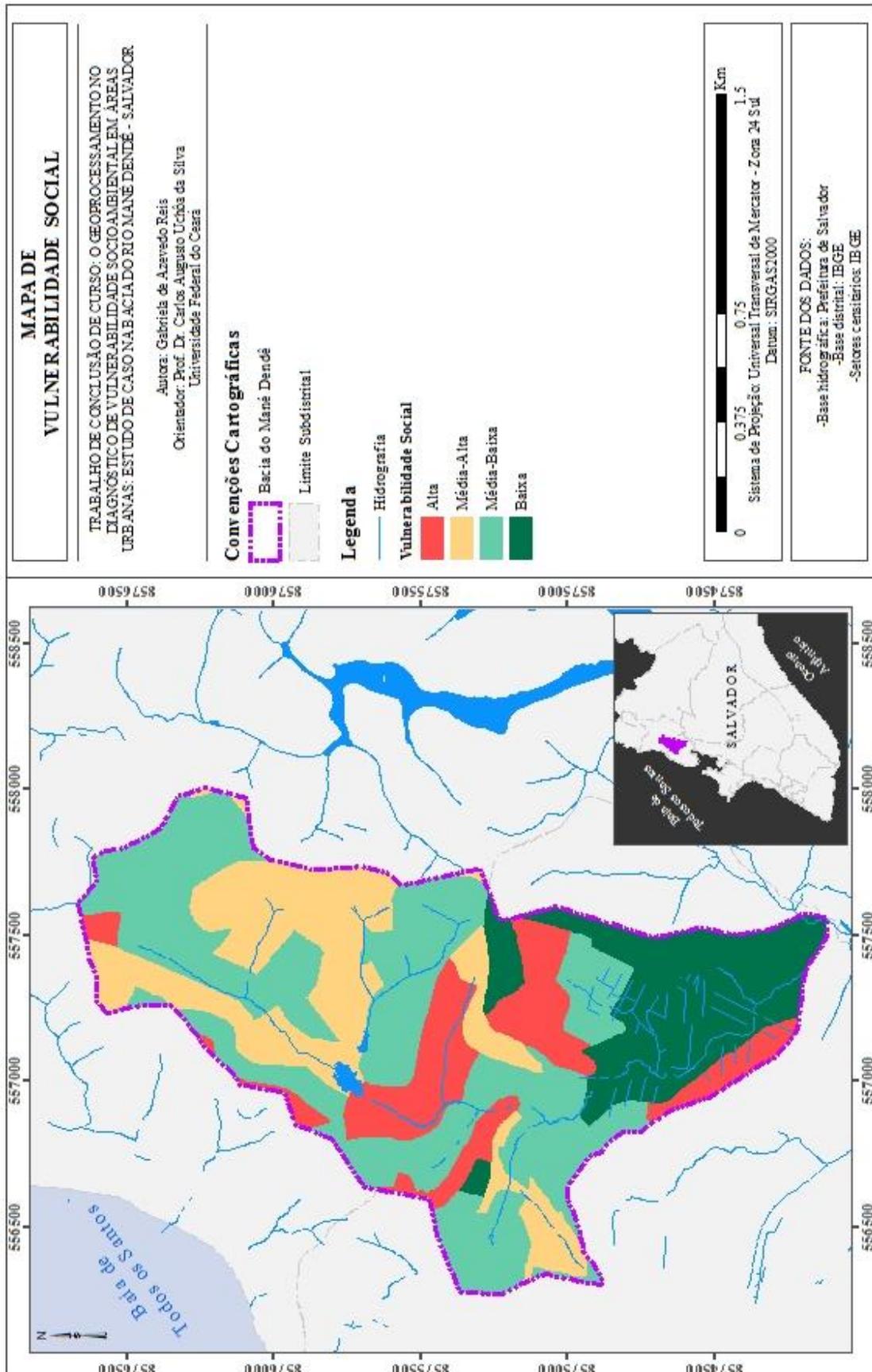
Tabela 3 – Valores do IVS e classificação da vulnerabilidade social por setor censitário (conclusão).

53266	0.30025	2
53267	0.27777	3
53268	0.21808	4
53269	0.25396	3
53270	0.24488	4
53271	0.25034	4
53273	0.27786	3
53298	0.31550	2
53299	0.33658	2
53301	0.22531	4
53308	0.29174	3
53309	0.36080	1
53310	0.29045	3
53311	0.49547	1
53312	0.29469	3
53323	0.29743	3
53324	0.35151	1
53327	0.36219	1
53334	0.32406	2
53336	0.23844	4

Fonte: Elaborado pela autora.

Analisando o mapa de vulnerabilidade social (Figura 32), é possível notar que os setores censitários classificados com vulnerabilidade social alta ou média-alta estão, em sua maioria, próximos aos corpos hídricos. Isso demonstra, graficamente, que uma parcela mais carente da população acaba por assentar-se em áreas das cidades que estão, ainda, desocupadas por não apresentarem características ambientais adequadas, como as margens do rio Mané Dendê (PLATE, 2002; MEDEIROS, 2014; VARGAS, 2008).

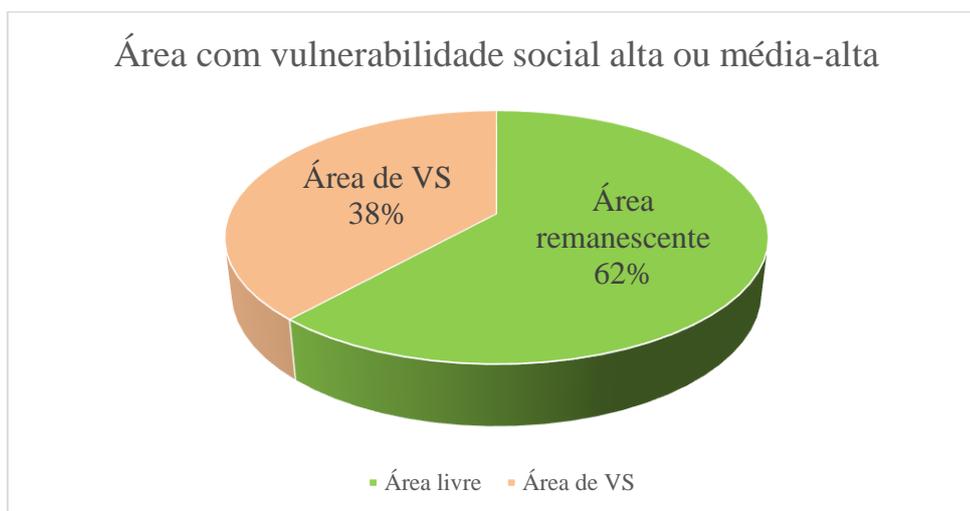
Figura 32 – Mapa de vulnerabilidade social



Fonte: Elaborado pela autora.

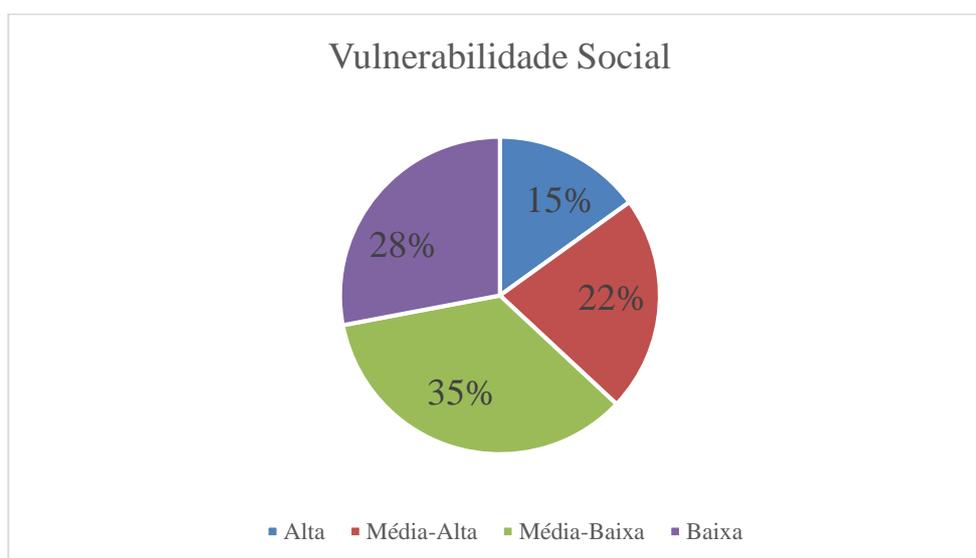
Os setores censitários classificados com vulnerabilidade alta ou média-alta ocupam uma área de 0,81 km², equivalente a 38% da área total, como mostra a Figura 33. Ainda, a Figura 34 apresenta os valores de cada classificação, mostrando uma frequência maior para vulnerabilidade social média-baixa.

Figura 33 – Gráfico da área dos setores censitários com alta ou média-alta vulnerabilidade social



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 34 – Gráfico de frequência de vulnerabilidade social por setor censitário



Fonte: Elaborado pela autora.

Ainda que não exista uma definição das variáveis a serem utilizadas de modo a garantir o completo sucesso dos índices de vulnerabilidade social (SCHMIDTLEIN *et al.*,

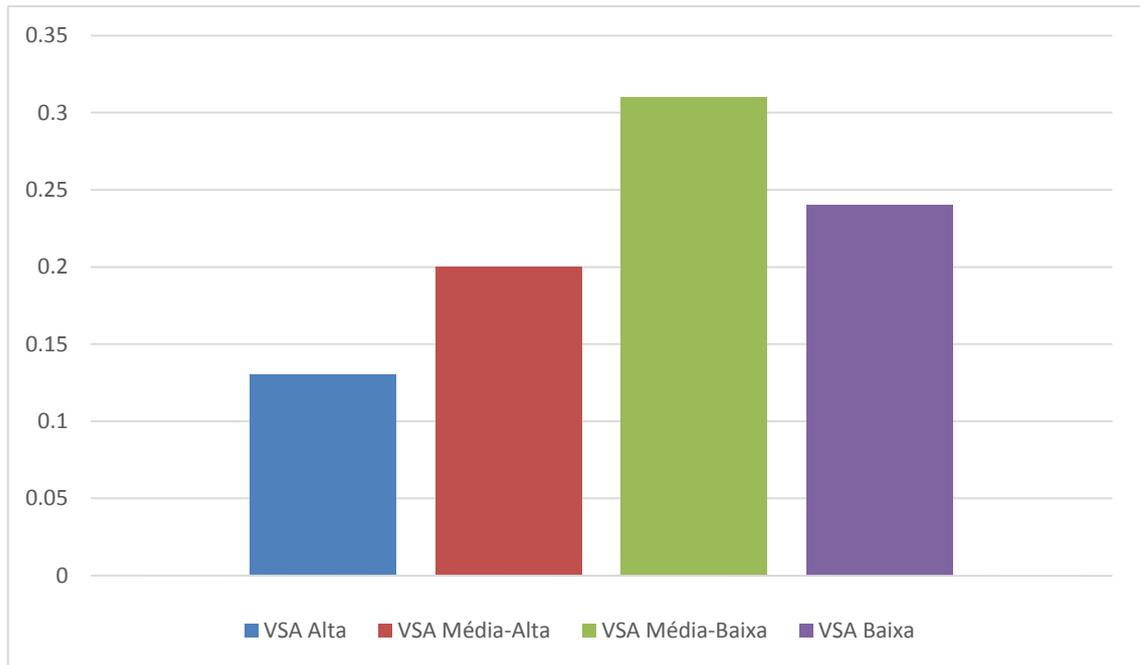
2008), o modelo de Medeiros (2014) considerou as variáveis que são muitas vezes utilizadas (infraestrutura de apoio às necessidades básicas, parcela de idosos e crianças na população, renda, gênero, etc) e segue o mesmo padrão de muitos trabalhos realizados no Brasil, como os de Almeida (2010), Alves (2013), Garcia e Matos (2015), Deschamps (2004), Jesus, Dias e Cruz (2014) e tantos outros.

5.4 Vulnerabilidade socioambiental

A técnica da sobreposição de camadas foi desenvolvida no âmbito do planejamento territorial. É muito utilizada na avaliação de impactos ambientais, onde são feitos vários mapas temáticos envolvendo diversos fatores ambientais sobre uma mesma região. Esses mapas são sobrepostos, gerando uma síntese da situação ambiental de determinada região (CREMONEZ *et al.*, 2014; CARVALHO; LIMA, 2010; PIMENTEL; PIRES, 1992). De maneira comparativa, tem-se o mapa de vulnerabilidade ambiental e o mapa de vulnerabilidade social como dois mapas temáticos da bacia do Mané Dendê. A sobreposição desses mapas resulta no mapa de vulnerabilidade socioambiental, seguindo uma metodologia que já é aplicada para outros objetivos que envolvem a análise espacial de uma região. A aplicação da técnica já conhecida como Álgebra de Mapas e, amplamente utilizada, garante uma segurança acerca da metodologia utilizada e do resultado obtido neste trabalho.

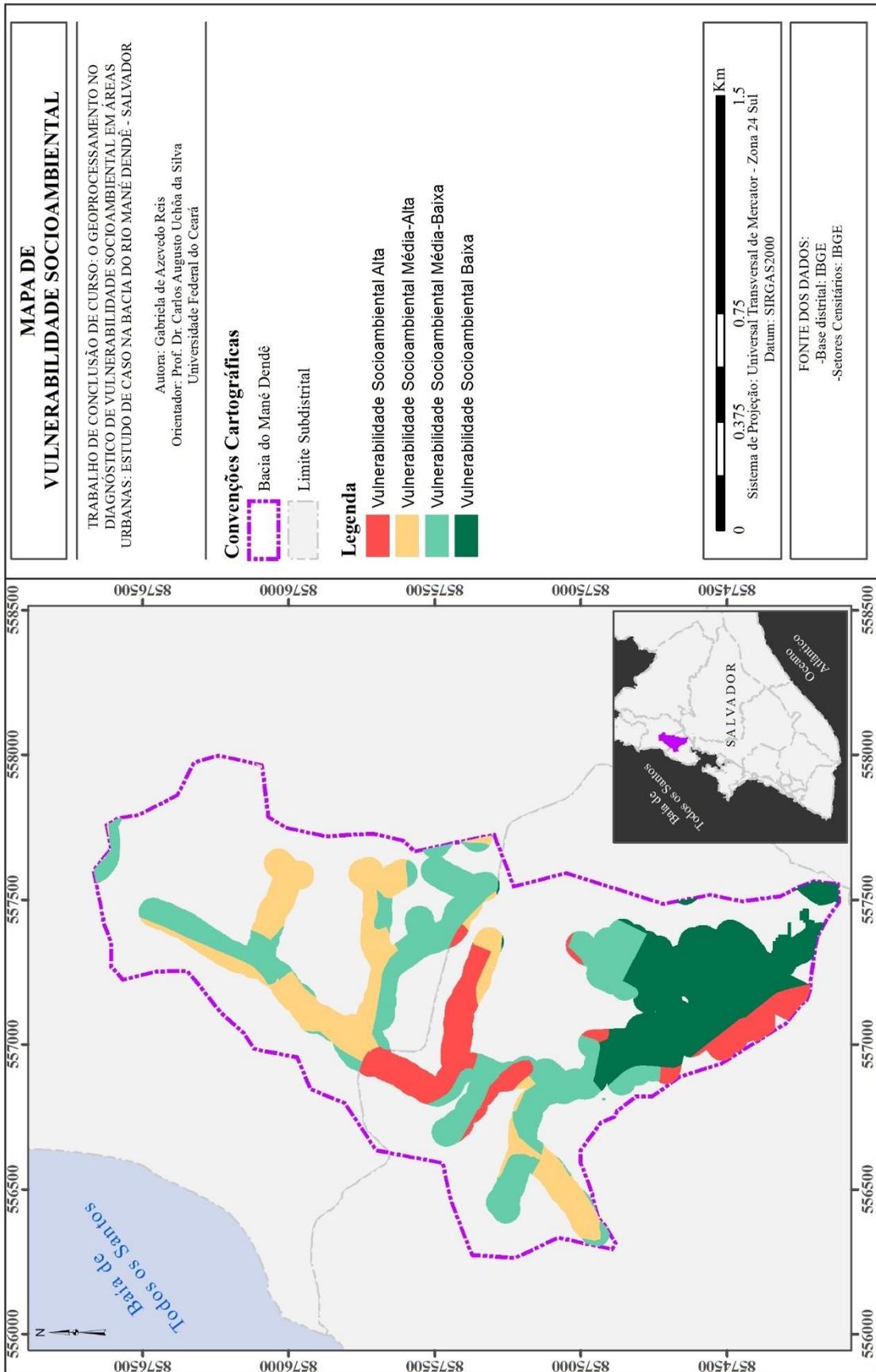
A Figura 36 concatena o resultado da sobreposição de camadas, exibindo as áreas onde coincidem vulnerabilidade ambiental e social, de acordo com suas classificações. A Figura 35 indica uma maior prevalência das classes Baixa e Média-Baixa. As classes Alta e Média-Alta representam 37,5% do total de áreas vulneráveis e apenas 16% da área total da bacia.

Figura 35 - Gráfico de vulnerabilidade socioambiental



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 36 – Mapa de vulnerabilidade socioambiental



Fonte: Elaborado pela autora.

5.5 Considerações finais

Com a aplicação dos modelos foi possível constatar, por fim, que pouco mais de um quinto da área total da bacia do Mané Dendê se encontra em situação de vulnerabilidade socioambiental. Contudo, não se deve desprezar as áreas em situação apenas de vulnerabilidade ambiental ou vulnerabilidade social. A Tabela 4 explicita a representatividade espacial de cada tipo de vulnerabilidade na bacia do rio Mané Dendê.

Tabela 4 – Representatividade espacial das vulnerabilidades na bacia do Mané Dendê

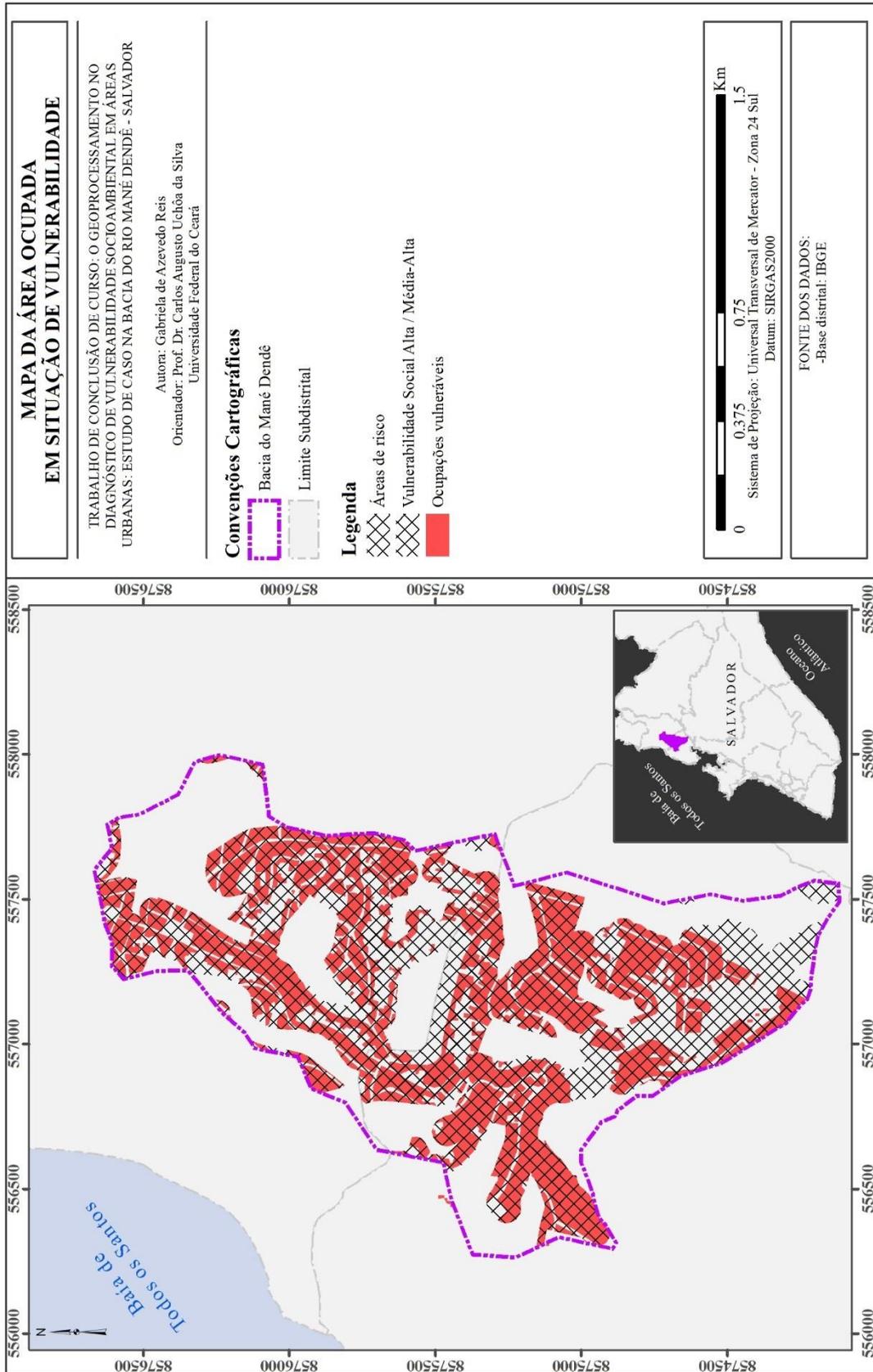
Vulnerabilidade	Área (km ²)	% da Área Total
Ambiental	0,902	43
Social	0,81	38
Socioambiental (Alta e Média-Alta)	0,33	16

Fonte: Elaborado pela autora.

Ainda na Tabela 4, é possível perceber que a vulnerabilidade ambiental tem maior representatividade, chegando perto de 50% da área total. O modelo utilizado para delimitar as áreas de vulnerabilidade ambiental é considerado pelo próprio autor como sendo rigoroso ao atribuir um intervalo de 50 metros das margens dos corpos hídricos, uma vez que o Novo Código Florestal considera o intervalo de 30 metros suficiente para assegurar a proteção tanto do corpo hídrico, da fauna e da flora, quanto da população humana. Essa faixa de proteção é classificada como uma Área de Proteção Permanente, onde, salvo hipóteses de utilidade pública, interesse social ou atividades de baixo impacto ambiental, é proibida a supressão de vegetação nativa (ALVES, 2013; BRASIL, 2012).

Por fim, para complementar a análise, utilizando a imagem de satélite datada de junho de 2014, foi identificada na bacia a mancha de ocupação inserida nas áreas em situação de vulnerabilidade ambiental e/ou social, resultando na Figura 37. Essa mancha ocupa 0,83 km², representando aproximadamente 60% de toda a área considerada em situação de vulnerabilidade e 39% da área total da bacia. Ainda, o Censo Demográfico de 2010 mostra uma densidade demográfica média de 20784.33 hab/km². Com base na área de ocupações irregulares, estima-se, portanto, que há em torno de 17250 habitantes em situação de vulnerabilidade socioambiental na região do Mané Dendê.

Figura 37 – Mapa de ocupações irregulares em áreas de vulnerabilidade



Fonte: Elaborado pela autora.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A partir dos resultados obtidos pode-se concluir que os objetivos do trabalho não foram inteiramente alcançados. Os critérios levantados para a identificação das áreas de risco de deslizamento de terra foram considerados insuficientes e mostram insegurança no resultado do mapeamento de vulnerabilidade ambiental, afetando diretamente o resultado final do trabalho, que é o mapa de vulnerabilidade socioambiental. Por este motivo, não é aconselhável utilizar esta metodologia para tomadas de decisão sem antes revisar alguns critérios utilizados.

Recomenda-se uma análise mais profunda nos critérios que levam à identificação do risco de deslizamento de terra, passando a considerar, além do grau de declividade do terreno, fatores que contribuem para a instabilidade do terreno, como o tipo de solo, o nível de precipitação da região, como se dá o uso e ocupação da terra e a geologia do terreno. Além disso, é sugerido, para trabalhos futuros, que se faça também uma análise da medida de 50 metros utilizada para a identificação das áreas de risco de inundação, uma vez que a medida adotada pelo Novo Código Florestal de 30 metros possa ser suficiente para este objetivo.

A metodologia utilizada para a identificação das áreas de vulnerabilidade social condiz com o que vem sendo utilizado no Brasil, usufruindo das informações fornecidas através dos censos demográficos do IBGE. Internacionalmente também são utilizadas metodologias similares. Isso garante, então, uma segurança para que o método seja utilizado com segurança como ferramenta para as tomadas de decisão.

O método de álgebra de mapas que originou o mapa de vulnerabilidade socioambiental é amplamente utilizado em outras aplicações de análise do espaço físico, como na identificação e avaliação de impactos ambientais, e pode ser utilizado com segurança para a análise da ocorrência de vulnerabilidade em uma região.

A identificação da localização espacial da vulnerabilidade é uma ferramenta eficaz na prevenção de desastres naturais. Este trabalho mostrou um passo a passo que resulta na identificação espacial da vulnerabilidade socioambiental. Para trabalhos futuros, entretanto, recomenda-se uma segunda análise nos critérios utilizados para identificar as áreas de vulnerabilidade ambiental de maneira mais segura e concisa, a fim de viabilizar o uso desta metodologia nas tomadas de decisão do planejamento territorial urbano.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. Q. **Vulnerabilidades Socioambientais de Rios Urbanos**. 2010. Tese (Doutorado em Geografia). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2010.
- ALVES, H. P. F. **Vulnerabilidade Socioambiental na Metrópole Paulistana: uma Análise Sociodemográfica das Situações de Sobreposição Espacial de Problemas e Riscos Sociais e Ambientais**. Revista Brasileira de Estudos de População, São Paulo, v. 23, no. 1, p. 43-59, jan./jun. 2006.
- ALVES, H. P. F. **Análise da Vulnerabilidade Socioambiental em Cubatão-SP por Meio da Integração de Dados Sociodemográficos e Ambientais em Escala Intraurbana**. Revista Brasileira de Estudos de População, Rio de Janeiro, v. 30, no. 2, p. 349-366, jul./dez. 2013.
- ALVES, H. P. F.; MELLO, A. Y. I.; D'ANTONA, A. O.; CARMO, R. L. Vulnerabilidade Socioambiental nos Municípios do Litoral Paulista no Contexto das Mudanças Climáticas. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS*, 17. 2010, Caxambu, MG. **Anais...** Belo Horizonte: ABEP, 2010. Disponível em: <<http://www.abep.org.br/>>. Acesso em: 04 ago. 2015.
- BAHIA. Decreto nº 7.970, de 05 de junho de 2001. Cria a Área de Proteção Ambiental - APA Bacia do Cobre / São Bartolomeu nos Municípios de Salvador e Simões Filho, e dá outras providências. **Diário Oficial [do] Estado da Bahia**, Poder Executivo, Salvador, 06 de junho de 2001. Disponível em: <http://governo-ba.jusbrasil.com.br/legislacao/78176/decreto-7970-01?ref=topic_feed>. Acesso em: 08 out. 2015.
- BIRKMANN, J. (Org.). **Measuring Vulnerability to Natural Hazards: Towards Disaster Resilient Societies**. Hong Kong: United Nations University Press, 2006. 575p.
- BLAIKIE, P. M.; WISNER, B.; CANNON, T.; DAVIS, I. **At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability, and Disasters**. 1. ed. Londres: Routledge, 1994, 284p.
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 25 mai. 2012. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>. Acesso em: 24 set. 2015.
- BRASIL. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em 24 set. 2015.

BURROUGH, P. A. **Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessments**. Oxford: Clarendon Press, 1986. 193p.

CÂMARA, G.; CASANOVA, M. A.; HEMERLY, A. S.; MAGALHÃES, G. C.; MEDEIROS, C. M. B. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. Curitiba: Sagres Editora, 1997.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. 2. ed. São José dos Campos: INPE, 2001.

CARVALHO, D. L.; LIMA, A. V. Metodologias para Avaliação de Impactos Ambientais de Aproveitamentos Hidrelétricos. *In: Encontro Nacional dos Geógrafos*, 16. 2010, Porto Alegre. **Anais...**, Porto Alegre: AGB, 2010.

CANAVESI, V.; CAMARINHA, P. I. M.; ALGARVE, V. R.; CARNEIRO, R. L. C.; ALVALÁ, R. C. S. Análise da Susceptibilidade a Deslizamentos de Terras: Estudo de Caso de Paraibuna, SP. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 16, 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...**, INPE, 2013.

CEMAC – Centro de Excelência em Matas Ciliares. **Glossário de Termos**. [20--]. Disponível em <http://www.cemac.ufla.br/index.php?option=com_glossary&letter=A&id=2&Itemid=7>. Acesso em: 08 out. 2015.

CREMONEZ, F. E.; CREMONEZ, P. A.; FEROLDI, M.; CAMARGO, M. P.; KLAJN, F. F.; FEIDEN, A. **Avaliação de Impacto Ambiental: Metodologias Aplicadas no Brasil**, REMOA, Santa Maria-RS, v. 13, n. 5, p. 3821-3830, dez. 2014.

CUNHA FILHO, A. C. **Modelo Experimental Baseado na Declividade da Encosta para a Avaliação de Avaliação de Risco de Deslizamento**. 2012. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2012.

CUTTER, S. L. **Living with Risk: the Geography of Technological Hazards**. Londres: Arnold, 1993.

CUTTER, S. L. **Vulnerability to Environmental Hazards**. *Progress in Human Geography*, v. 20, no. 4, p. 529-539, 1996.

CUTTER, S. L.; BORUFF, B. J.; SHIRLEY, W. L. **Social Vulnerability to Environmental Hazards**. *Social Science Quarterly*, v. 84, n. 2, p. 242-261, jun. 2003.

CUTTER, L. S. **A Ciência da Vulnerabilidade: Modelos, Métodos e Indicadores**. *Revista Crítica de Ciências Sociais*, v. 93, p. 59-69, jun. 2011.

DANTAS, E.; COSTA, M. C. L. (Orgs). **Vulnerabilidade Socioambiental na Região Metropolitana de Fortaleza**. Fortaleza: Edições UFC, 2009. 298p.

DEFESA Civil registra deslizamentos de terra em Salvador. **R7**, Salvador, 03 maio 2015. Disponível em: <<http://noticias.r7.com/bahia/defesa-civil-registra-deslizamento-de-terra-em-salvador-28082015>>. Acesso em: 04 set. 2015.

DELANEY, J.; VAN NIEL, K. **Geographic Information Systems: An Introduction**. 2. ed. Melbourne: Oxford University Press, 2007. 234p.

DESCHAMPS, M. V. **Vulnerabilidade Socioambiental na Região Metropolitana de Curitiba**. 2004. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

DESLIZAMENTO de terra interdita parte da avenida Suburbana. **R7**, Salvador, 11 maio 2015. Disponível em: <<http://noticias.r7.com/bahia/deslizamento-de-terra-interdita-parte-da-avenida-suburbana-28082015>>. Acesso em: 17 out. 2015.

DESLIZAMENTOS e buracos interditam pontos no trânsito de Salvador. **G1**, Salvador, 11 maio 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/bahia/transito/noticia/2015/05/deslizamentos-e-buracos-interditam-pontos-no-transito-de-salvador-veja.html>>. Acesso em: 17 out. 2015.

ESRI Shapefile Technical Description: An ESRI White Paper, 1998. Disponível em: <<https://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/shapefile.pdf>>. Acesso em: 16 jan. 2016.

FERNANDES, M. C.; LAGÜÉNS, J. V. M.; NETTO, A. L. C. **O Processo de Ocupação por Favelas e sua Relação com os Eventos de Deslizamentos no Maciço da Tijuca/RJ**. Anuário do Instituto de Geociências UFRJ, Rio de Janeiro, v. 22, p. 45-59, 1999.

FITZ, P. R. **Cartografia Básica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 143p.

FULGÊNCIO, C. Enchente deixa mais de 20 mil imóveis sem luz em Rio Branco. **G1**, Rio Branco, 03 março 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/ac/acre/noticia/2015/03/enchente-deixa-mais-de-20-mil-imoveis-sem-luz-em-rio-branco.html>>. Acesso em: 04 set. 2015.

GARCIA, R. F.; MATOS, R. A Distribuição Espacial da Vulnerabilidade Social das Famílias Brasileiras. In: SEMINÁRIO POPULAÇÃO, POBREZA E DESIGUALDADE, 2007, Belo Horizonte. **Seminário População, Pobreza e Desigualdade**. Belo Horizonte: ABEP, 2007. Disponível em: <<http://www.abep.org.br/>>. Acesso em: 04 ago. 2015.

GEORG, F.; GREG, B. (Orgs.). **Mapping Vulnerability: Disasters, Development and People**. Reino Unido: Taylor and Francis, 2004. 254p.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. **Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação**. 2. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1983. 208 p.

HOGAN, D. J.; MARANDOLA, E. **O Risco em Perspectivas: Tendências e Abordagens**. Geosul, Florianópolis, v. 19, n. 38, p. 25-58, jul./dez. 2004.

HOGAN, D. J.; MARANDOLA, E. **As Dimensões da Vulnerabilidade**. São Paulo em Perspectiva, v. 20, n. 1, p. 33-43, jan./mar. 2006.

HYNDMAN, D.; HYNDMAN, D. **Natural Hazards and Disasters**. 3. ed. Canadá: Books-Cole, 2011. 591p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico de 2010**. Rio de Janeiro, 2010.

IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Índice Municipal de Alerta 2010**. Fortaleza, 2010. Disponível em: <www.ipece.ce.gov.br/categoria4/ima/>. Acesso em: 01 out. 2015.

JESUS, C. F. P.; DIAS, N. W.; CRUZ, M. A. S. **Vulnerabilidade Socioambiental na Bacia do Rio Japaratuba em Sergipe a Partir da Álgebra de Mapas**. Reveng, Viçosa, v. 22, n. 1, p. 50-57, jan./fev. 2014.

KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D. A.; MARCELINO, I. P. V. O.; MARCELINO, E. V.; GONÇALVES, E. F.; BRAZETTI, L. L. P.; GOERL, R. F.; MOLLERI, G. S. F.; RUDORFF, F. M. **Prevenção de Desastres Naturais: Conceitos Básicos**. 1. ed. Curitiba: Organic Trading, 2006.

LETA, T. Moradores de Teresópolis relatam drama após deslizamento de terra. **G1**, Rio de Janeiro, 12 fevereiro 2011. Disponível em <<http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2011/01/moradores-de-teresopolis-relatam-drama-apos-deslizamentos-de-terra.html>>. Acesso em: 04 set. 2015.

MARCELINO, E. V. **Desastres Naturais e Geotecnologias: Conceitos Básicos**. Santa Maria-RS: CRS/INPE, 2008. 38p.

MASKREY, A. **Los Desastres No Son Naturales**. Panamá: LA RED, 1993. 140p.

MEDEIROS, C. B. **Vulnerabilidade Socioambiental do Município de Caucaia (CE): Subsídios ao Ordenamento Territorial**. 2014. Tese (Doutorado em Geografia). Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2014.

MONTEIRO, J. B.; PINHEIRO, D. R. C. **O Desastre Natural como Fenômeno Induzido pela Sociedade: Abordagens Teóricas e Metodologias Operacionais para Identificação e Mitigação de Desastres Naturais**, Revista de Geografia do PPGE, v. 2, no. 1, p. 1-9, 2012.

MOSER, C. O. N. **The Asset Vulnerability Framework: Reassessing Urban Poverty Reducing Strategies**. World Development, Washington-DC, v. 26, no.1, p. 1-19, 1998.

NOBRE, M. F. **O Zoneamento Ecológico-Econômico como Instrumento de Planejamento e Gestão Ambiental: Uma Proposta para a Bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí (SP)**. 2008. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2008.

PEREIRA, L. F. C. B.; CAMARGO, S. L.; LIMA, U. F.; HELENO, C. A. C. A Contribuição do Programa Bahia Azul na Elaboração de Ferramentas para a Gestão Ambiental da Baía de Todos os Santos. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21. 2001, João Pessoa, PB. **Anais....** João Pessoa: ABES.

PLATE, E. J. **Flood Risk and Flood Management**. Journal of Hydrology, v. 267, p. 2-11, 2002.

PIMENTEL, G.; PIRES, S. H. **Metodologias de Avaliação de Impacto Ambiental: Aplicações e Seus Limites**, Revista de Administração Pública, Rio de Janeiro, v. 26, n. 1, p. 56-68, 1992.

PIRES, M. A. F.; SILVA, P. J. **A Ocupação de Encostas: Um Exemplo da Ausência de Atendimento aos Domínios de Estudo**, Revista Engenharia, edição 598, p. 130-133, 2010.

QUANTA CONSULTORIA, **Mané Dendê: Projeto Conceitual**. Salvador, 2015.

RIBEIRO, A. J. A. **Mapeamento Neuro-Geotécnico do Município de Caucaia-CE com Fins de Pavimentação**. 2010. Monografia (Tecnólogo em Estradas). Departamento de Construção Civil, Instituto Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

SANTOS, E.; PINHO, J. A. G.; MORAES, L. R. S.; FISCHER, T. (Orgs.). **Caminho das Águas em Salvador: Bacias Hidrográficas, Bairros e Fontes**. Salvador: CIAGS/UFBA, 2010. 486p.

SANTOS, H. G.; ZARONI, M. J.; ALMEIDA, E. P. C. **Argissolos Vermelho-Amarelos**. [20--]. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn0pzmhe02wx5ok0liq1mqk4130gy.html>. Acesso em: 08 out. 2015.

SANTOS, J. O. **Relação Entre Fragilidade Ambiental e Vulnerabilidade Social na Susceptibilidade aos Riscos**. Mercator, Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 75-90, mai./ago. 2015.

SEI – Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. **Tipologia Climática Köppen: Estado da Bahia**. 2014. Escala: 1:2.000.000. Disponível em: <http://www.sei.ba.gov.br/site/geoambientais/mapas/pdf/tipologia_climatica_segundo_koppen_2014.pdf>. Acesso em: 08 out. 2015.

SCHMIDTLEIN, M. C.; DEUTSCH, R. C.; PIEGORSCH, W. W.; CUTTER, S. L. **A Sensitivity Analysis of the Social Vulnerability Index**. Risk Analysis, v. 28, n. 4, p. 1009-1114, 2008.

SELBY, M. J. **Hillslope Materials and Processes**. 2. ed. Oxford: Oxford University Press, 1993. 451 p.

SIMÕES, J. G. G.; JARDIM, C. H.; PARIZZI, M. G.; ZANOVELLO, R. **Análise do Risco de Enchentes e Inundações na Av. Cristiano Machado, Belo horizonte, MG**. Revista GeoNORTE, Manaus, v. 1, n. 5, p 867-880, 2012.

SILVA, A. B. **Sistemas de Informações Geo-referenciadas: Conceitos e Fundamentos**. Campinas: Editora da Unicamp, 2003. 235p.

SILVA, C. A. U.; REIS, G. A.; RIBEIRO, A. J. A.; BANDEIRA, A. P. N.; ANDRADE, E. P. **Construção da Base Cartográfica de Caucaia-CE para Apoio à Elaboração da Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL, 9. 2015, Cuiabá, MT. **Anais...** Cuiabá: ABGE, 2015.

SILVEIRA, H. L. F.; VETORAZZI, C. A.; VALENTE, R. A. **Avaliação Multicriterial no Mapeamento da Suscetibilidade de Deslizamentos de Terra**, Revista *Árvore*, Viçosa-MG, v. 38, n. 6, p. 973-982, 2014.

STERN, E. H. **PostgreSQL: Introdução e Conceitos**, Revista *SQL Magazine*, edição 6, [20--].

TAGLIANI, C. R. A. **A Mineração na Porção Média da Planície Costeira do Rio Grande do Sul: Estratégia para a Gestão Sob um Enfoque de Gerenciamento Costeiro Integrado**. 2002. Tese (Doutorado em Geociências). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002.

TOBIN, G. A.; MONTZ, B. E. **Natural Hazards: Explanation and Integration**. New York: The Guilford Press, 1997. 388p.

TOMINAGA, L. K.; AMARAL, R.; SANTORO, J.; (Orgs.). **Desastres Naturais: Conhecer para Prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. 197p.

TORRES, H.; COSTA, H. (Orgs.). **População e Meio Ambiente: Debates e Desafios**. 2. ed. São Paulo: Editora Senac, 2006. 351p.

UFSC - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2010**. Florianópolis, 2012.

UFSC - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. **Projeteee**. [20--]. Disponível em: <<http://www.projeteee.ufsc.br>>. Acesso em: 08 out. 2015.

UN/ISDR – United Nations International Strategy for Disaster Reduction. **Living with Risk: A Global Review of Disaster Reduction Initiatives**. Geneva: UN Publications, 2004.

VARGAS, H. L. **Ocupação irregular de APP urbana: um estudo da percepção social acerca do conflito de interesses que se estabelece na lagoa do Prato Raso, em Feira de Santana, Bahia**. *Sitientibus*, Feira de Santana-BA, n. 39, p. 7-36, jul./dez. 2008.

VEYRET, Y. (Org.). **Os Riscos: o Homem como Agressor e Vítima**. São Paulo: Editora Contexto, 2007. 319p.

XAVIER, S. C. **O Mapeamento Geotécnico por Meio de Geoprocessamento como Instrumento de Auxílio ao Planejamento de Uso e Ocupação do Solo em Cidades Costeiras: Estudo de Caso para Pelotas (RS)**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica). Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande-RS, 2010.

XAVIER-DA-SILVA, J. **Geoprocessamento para Análise Ambiental**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2001. 228 p.